

**TUGAS AKHIR TERAPAN - RC146599**

**RENCANA PENGENDALIAN BANJIR DI SALURAN SEKUNDER  
RUNGKUT BARATA DAN RUNGKUT MENANGGAL  
KOTA SURABAYA**

**IVANDA KURNIANTO**  
NRP. 3116040513

Dosen Pembimbing  
Siti Kamilia Aziz,ST.,MT.  
NIP.19771231 200604 2 001

**PROGRAM STUDI DPLOMA EMPAT LANJUT JENJANG TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2017**



**TUGAS AKHIR TERAPAN - RC146599**

**RENCANA PENGENDALIAN BANJIR DI SALURAN SEKUNDER  
RUNKUT BARATA DAN RUNKUT MENANGGAL  
KOTA SURABAYA**

**IVANDA KURNIANTO**  
**NRP. 3116040513**

**Dosen Pembimbing**  
**Siti Kamilia Aziz, ST., MT.**  
**NIP.19771231 200604 2 001**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA EMPAT LANJUT JENJANG TEKNIK SIPIL**  
**DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL**  
**Fakultas Vokasi**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2017**



***FINAL PROJECT - RC146599***

***FLOOD CONTROL PLANNING ON SECONDARY CHANNELS OF  
RUNKUT BARATA AND RUNKUT MENANGGAL  
IN SURABAYA***

IVANDA KURNIANTO  
NRP. 3116040513

*Academic Supervisor*  
Siti Kamilia Aziz, ST., MT.  
NIP.19771231 200604 2 001

***DIPLOMA IV EXTENDED PROGRAM OF CIVIL ENGINEERING  
DEPARTMENT OF CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING  
Faculty of Vocational  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017***

## LEMBAR PENGESAHAN

### RENCANA PENGENDALIAN BANJIR DI SALURAN SEKUNDER RUNGKUT BARATA DAN RUNGKUT MENANGGAL KOTA SURABAYA

#### TUGAS AKHIR TERAPAN

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains Terapan  
pada

Program Studi Diploma IV Lanjut Jenjang Teknik Sipil  
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Mahasiswa



**IVANDA KURNIANTO**

**NRP. 3116 040 513**

Disetujui Oleh Pembimbing Tugas Akhir Terapan.  
Dosen Pembimbing



**SITI KAMILIA AZIZ, ST., MT.**

**NIP.19771231 200604 2 001**

31 JUL 2017

Surabaya, Juli 2017



**BERITA ACARA**  
**TUGAS AKHIR TERAPAN**  
 PROGRAM STUDI DIPLOMA EMPAT LANJUT JENJANG  
 TEKNIK SIPIL  
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
 FAKULTAS VOKASI ITS

No. Agenda :  
 037713/IT2.VI.8.1/PP.06.00/2017

Tanggal : 7/10/2017

Judul Tugas Akhir Terapan	Rencana Pengendalian Banjir di Saluran Sekunder Rungkut Barata dan Rungkut Mananggal Kota Surabaya		
Nama Mahasiswa	Ivanda Kurnianto	NRP	3116040513
Dosen Pembimbing 1	S. Kamilia Aziz, ST., MT. NIP 19771231 200604 2 001	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	NIP -	Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
Tinjau hal 67/68.	 Dr. Ir. Hendra Wahyudi, MS. NIP 19630426 198803 1 003
- Sama dengan bagian titik kontrol - <del>bagian yg sudah dikerjakan</del> - Ditso masalah.	 Dwi Indriyani, ST., MT. NIP 19810210 201404 2 001
* tunjukkan kondisi eksisting bahwa air meluber karena: a) & dari Hulu (hujan) ✓ b) & dari backwater (hitungannya direct step). tunjukkan long section nya? * Berikan skema rencana & kondisi eks & rencana * Buat grafik SDP pompa agar jelas & vs t-jam	 M. Hafizh Imaaduddin, ST., MT. NIP 19860212 201504 1 001
	NIP -

PERSETUJUAN HASIL REVISI			
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
 Dr. Ir. Hendra Wahyudi, MS. NIP 19630426 198803 1 003	 Dwi Indriyani, ST., MT. NIP 19810210 201404 2 001	 M. Hafizh Imaaduddin, ST., MT. NIP 19860212 201504 1 001	 S. Kamilia Aziz, ST., MT. NIP -

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
	 S. Kamilia Aziz, ST., MT. NIP 19771231 200604 2 001	 S. Kamilia Aziz, ST., MT. NIP -



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025

<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Ivanda kurnianto 2  
NRP : 1 3116090513 2  
Judul Tugas Akhir : RENCANA PENGENDALIAN BANJIR DI SALURAN SEKUNDER  
RUMAH KOTA BARATA DAN RUMAH KOTA MENANGGAL KOTA  
SURABAYA  
Dosen Pembimbing : SITI KAMILIA, ST.MT

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
	3 Maret 2017	- Mencari pasang surut laut				
		- Elevasi Kali perbatasan				
		- Mencari Stasiun hujan		B	C	K
		Paling dekat		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Lanjut Bab I				
	17 Maret 2017	Perbaiki Latar belakang, Rumusan		B	C	K
		masalah dan <del>Revisi</del> Tujuan		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	31 Maret 2017	Lanjut Perbaiki bab I				
		Survey Lapangan untuk		B	C	K
		Pengkukuran Kali perbatasan		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	19 April 2017	Lanjut Perbaiki bab I				
		Survey Cross Saluran perbatasan		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	10 Mei 2017	Lanjut bab I, II dan III				
	5 Jun 2017	Lanjut Bab IV hidrolika,		B	C	K
		Perbaiki uji smirnov		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket.

B = Lebih cepat dari jadwal  
C = Sesuai dengan jadwal  
K = Terlambat dari jadwal



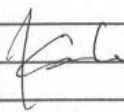
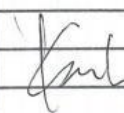


**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
**FAKULTAS VOKASI**

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116  
 Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025  
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

**ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN**

**Nama** : 1 Nanda Kurnianto 2  
**NRP** : 1 3116090513 2  
**Judul Tugas Akhir** : RENCANA PENGENDALIAN BANJIR DI SALURAN SEKUNDER RUNGKUT BARATA DAN RUNGKUT MEWANGGAL KOTA SURABAYA  
**Dosen Pembimbing** : SITI KAMILIA AZIZ. ST. MT

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
	12 Juni 2016	- Lanjut Solusi Normalisasi dan Pompa				
		- buat Laporan tugas akhir		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	20 Juni 2016	- Penambahan Pompa lumpur				
		- penambahan kolam tampung				
		- Cek hidrograf Nakayasu		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket. :  
 B = Lebih cepat dari jadwal  
 C = Sesuai dengan jadwal  
 K = Terlambat dari jadwal

# **RENCANA PENGENDALIAN BANJIR DI SALURAN SEKUNDER RUNGKUT BARATA DAN RUNGKUT MENANGGAL KOTA SURABAYA**

**Nama Mahasiswa : Ivanda Kurnianto**  
**NRP : 3116040513**  
**Dosen Pembimbing : Siti Kamilia Aziz,ST.,MT.**  
**NIP : 19771231 200604 2001**

## **ABSTRAK**

Saluran Sekunder Rungkut Barata dan Rungkut Menanggal Kota Surabaya yang termasuk sub sistem drainase saluran Perbatasan, mengalami genangan air ketika terjadi hujan dengan intensitas curah hujan sedang atau tinggi. Genangan terjadi dalam jangka waktu kurang lebih 2 jam dengan kedalaman 10 cm s/d 30 cm. Genangan terjadi di permukiman penduduk sampai ke ruas-ruas jalan utama daerah tersebut. Diduga penyebab genangan terjadi akibat aliran balik dari Saluran Primer Perbatasan.

Perhitungan debit rencana menggunakan metode rasional dengan debit Q5 untuk saluran sekunder, Q2 untuk saluran tersier. Sedangkan perhitungan debit banjir pada saluran primer menggunakan hidrograf satuan sintetik nakayasu. Adapun perhitungan aliran balik (*back water*) menggunakan metode tahapan langsung.

Dari hasil *Running* menggunakan Aplikasi HECRAS kapasitas saluran Rungkut Barata dan Rungkut Menanggal mengalami luapan banjir hampir di semua ruas Saluran. Pada bagian Hilir saluran Sekunder Rungkut Barata juga terjadi aliran balik dari Saluran Primer Perbatasan sejauh 291,78m. Untuk mengatasinya di lakukan Pengendalian banjir dengan Normalisasi Saluran dengan tinggi tanggul 1,5 meter sampai 2 meter dan lebar menyesuaikan kondisi lapangan dengan menyamakan Isaluran



0,0004 ataupun melakukan pengendalian banjir menggunakan 2 Pompa air dengan kapasitas 0,5m<sup>3</sup>/det dan dilengkapi Pompa Lumpur.

***Kata kunci : "Genangan, Debit Rencana, Aliran Balik, Kapasitas Tampungan, Pompa Air, "***

# **FLOOD CONTROL PLANNING ON SECONDARY CHANNELS OF RUNGKUT BARATA AND RUNGKUT MENANGGAL IN SURABAYA**

**Student Name** : Ivanda Kurnianto  
**NRP** : 3116040513  
**Academic Supervisor** : Siti Kamilia Aziz,ST.,MT.  
**NIP** : 19771231 200604 2001

## **ABSTRACT**

*Flood inundations frequently occur on the secondary channels of Rungkut Barata and Rungkut Menanggal, which includes sub-drainage system of Perbatasan channel, especially during moderate-intensity and high-intensity rain. The inundations typically take place approximately 2 hours with a depth of 10 cm to 30 cm, and they affect residential areas as well as main roads. The problem is allegedly caused by backwater from Perbatasan's primary channel.*

*Rational method was employed to calculate discharge plan, with discharge  $Q_5$  and  $Q_2$  for secondary channel and tertiary channel respectively. Meanwhile, flood discharge on the primary channel was calculated using Nakayasu synthetic unit hydrograph. Furthermore, direct step method was employed to calculate backwater.*

*The HEC-RAS results indicated that floods almost hit all segments on Rungkut Barata and Rungkut Menanggal channels. There was also backwater from Perbatasan's primary channel as far as 291.78m on the downstream of Rungkut Barata's secondary channel. Flood controlling through channel normalization could be implemented to solve the problem, with 1.5 meter to 2 meter of levee height and width adjusting field condition by equalizing channel slope to 0.0004. In addition to channel normalization,*

*flood controlling could be performed using 2 water pumps with each capacity of 0.5 m<sup>3</sup>/s and equipped with mud pump.*

***Keywords: inundation, discharge plan, backwater, storage capacity, water pump***

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir Terapan yang berjudul “**Rencana Pengendalian Banjir di Saluran Sekunder Rungkut Barata dan Rungkut Menanggal Kota Surabaya**” tepat pada waktunya.

Laporan Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan dalam mengikuti Pendidikan pada Program Diploma Empat Lanjut Jenjang Teknik Sipil, Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Tersusunnya Laporan Tugas Akhir Terapan ini juga tidak terlepas dari dukungan dan motivasi berbagai pihak yang banyak membantu dan memberi masukan serta arahan kepada kami. Untuk itu kami sampaikan terima kasih terutama kepada :

1. Kedua orang tua, semua keluarga kami tercinta, sebagai penyemangat terbesar dari kami, yang telah banyak memberi dukungan materil maupun moril berupa doa.
2. Ibu Siti Kamilia Aziz,ST.,MT. selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan masukan, kritik dan saran dalam penyusunan laporan Tugas Akhir Terapan ini.
3. Bapak Ir. FX Didik Harijianto,CES selaku dosen wali kami yang telah mendidik dan memberi motivasi pada kami.
4. Bapak Dr. Ir Kuntjoro, MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Infrastruktur Sipil, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
5. Bapak dan Ibu dosen pengajar serta seluruh Karyawan Program studi Diploma Teknik Sipil
6. Teman-teman mahasiswa D3 Teknik Sipil Angkatan 2012 dan Lanjut Jenjang 2016 dan semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu yang telah

membantu kami dalam penyelesaian tugas akhir  
terapan ini

Kami menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas akhir Terapan ini masih banyak kekurangan dan masih jauh dari sempurna, untuk itu kami mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan laporan tugas akhir terapan ini.

Semoga apa yang kami sajikan dapat memberi manfaat bagi pembaca dan semua pihak, Amin.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
<i>ABSTRACT</i> .....	iii
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Rumusan Masalah .....	2
1.3    Maksud dan Tujuan .....	2
1.4    Batasan Masalah .....	2
1.5    Manfaat .....	3
1.5.1    Bagi Mahasiswa .....	3
1.5.2    Bagi Instansi Pemerintah terkait .....	3
1.5.3    Bagi Masyarakat .....	3
BAB II KONDISI WILAYAH .....	5
2.1    Lokasi Studi .....	5
2.2    Sistem Jaringan Saluran .....	6
2.3    Peta durasi Genangan .....	7
2.4    Pengumpulan Data .....	8
2.4.1    Data hujan .....	8
2.4.2    Data Tata Guna Lahan .....	8
2.4.3    Data Memanjang dan Melintang Saluran .....	9
BAB III METODOLOGI DAN LANDASAN TEORI .....	11
3.1    Metodologi .....	11
3.1.1    Tahap 1 Persiapan .....	11
3.1.2    Tahap 2 Survey Lapangan .....	11
3.1.3    Tahap 3 Studi Literatur .....	11
3.1.4    Tahap 4 Pengumpulan Data .....	12
3.1.5    Tahap 5 Analisis Data .....	12
3.1.6    Tahap 6 Pengambilan Keputusan .....	13
3.1.7    Tahap 7 Alternatif Pengendalian Banjir .....	13
3.1.8    Tahap 8 Kesimpulan .....	13

3.2	Landasan Teori .....	13
3.2.1	Mencari Data Hujan yang Kosong .....	14
3.2.2	Menghitung Tinggi Hujan Rata-rata.....	15
3.2.3	Parameter Statistika .....	16
3.2.4	Menghitung Tinggi Hujan Rencana.....	18
3.2.5	Uji Kecocokan Distribusi .....	23
3.2.6	Perhitungan Debit Rencana .....	25
3.2.7	Menghitung Kapasitas Saluran .....	27
3.2.8	Hidrograf Satuan Sintesis Metode Nakayasu ....	28
3.2.9	Perhitungan Aliran Balik (Back Water) .....	31
3.2.10	Perhitungan Kapasitas Kolam Penampung.....	32
3.2.11	Kolam Penampungan.....	33
3.2.12	Program Aplikasi HEC-RAS .....	34
3.2.13	Diagram Alir Metodologi (Flow Chart) .....	39
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....		41
4.1	Analisis Debit Banjir Rencana .....	41
4.1. 1	Analisis Curah Hujan.....	41
4.1. 2	Perhitungan Parameter Dasar Statistik .....	42
4.1. 3	Uji Distribusi Frekuensi.....	46
4.1. 4	Perhitungan Curah Hujan Rencana.....	51
4.1. 5	Perhitungan Intensitas Curah Hujan ( I ) .....	52
4.1. 6	Koefisien Koefisien Pengaliran ( C ) .....	56
4.1. 7	Perhitungan Debit Banjir Rencana .....	56
4.2	Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu ....	58
4.2. 1	Analisis Curah Hujan.....	58
4.2. 2	Perhitungan Parameter Dasar Statistik .....	61
4.2. 3	Uji Distribusi Frekuensi.....	65
4.2. 4	Perhitungan Curah Hujan Rencana.....	70
4.2. 5	Perhitungan Intensitas Hujan Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu .....	71
4.2. 6	Perhitungan Tinggi Hujan Efektif DAS Saluran Primer Perbatasan .....	72
4.2. 7	Hujan Jam-jam an .....	72
4.2. 8	Perhitungan Debit Banjir Metode Nakayasu Saluran Primer Perbatasan.....	73



4.3	Analisis Kapasitas Tampung Saluran Sekunder Eksisting Rungkut Barata dan Rungkut Menanggal	.82
4.3.1	Analisis Software HEC-RAS	82
4.4	Analisis Aliran Balik (Back Water)	85
4.4.1	Analisis Aliran Balik (Back Water) pada Saluran Primer Perbatasan	85
4.4.2	Analisis Aliran Balik (Backwater) pada Saluran Sekunder Rungkut Barata	90
4.5	Solusi Pengendalian Banjir di Saluran Sekunder Rungkut Barata dan Rungkut Menanggal Kota Surabaya	94
4.5.1	Solusi Normalisasi dengan Pintu Air	94
4.5.2	Solusi Rumah Pompa dengan Pintu Air	96
4.6	Rencana Anggaran Biaya (RAB)	100
4.6.1	Rencana Anggaran Biaya Normalisasi Saluran	100
4.6.2	Rencana Anggaran Biaya Rumah Pompa	102
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		105
5.1	Kesimpulan	105
5.2	Saran	106
DAFTAR PUSTAKA		107

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1.	Parameter yang digunakan untuk menentukan cara yang tepat untuk mencari tinggi hujan rata-rata .....	15
Tabel 3. 2	Parameter Statistik yang menentukandistribusi.....	17
Tabel 3. 3	Reduced mean ( $Y_n$ ).....	20
Tabel 3. 4	Reduced standard deviation ( $S_n$ ).....	20
Tabel 3. 5	Nilai K Distribusi Log Pearson Type III. ....	22
Tabel 3. 6	Nilai $D_0$ untuk uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov .....	25
Tabel 3. 7	Koefisien aliran C.....	26
Tabel 3. 8	Langkah Perhitungan Metode Tahapan Langsung ..	31
Tabel 4. 1	Curah Hujan Harian Maksimum.....	41
Tabel 4. 2	Parameter Statistika.....	42
Tabel 4. 3	Parameter statistik untuk Distribusi Gumbel dan Distribusi Normal. ....	43
Tabel 4. 4	Parameter statistik untuk Distribusi Log Pearson Type III .....	45
Tabel 4. 5	Hasil Perhitungan Awal Parameter Statistik .....	46
Tabel 4. 6	Hasil Perhitungan Uji-Chi Kuadrat pada Distribusi Log Pearson Type III .....	48
Tabel 4. 7	Hasil Perhitungan Uji Smirnov- Kolmogorov Metode Distribusi Log Pearson Type III. ....	50
Tabel 4. 8	Perhitungan Curah Hujan Rencana .....	52
Tabel 4. 9	Perhitungan Intensitas Curah Hujan Saluran Tersier .....	54
Tabel 4. 10	Tabel Perhitungan Intensitas Curah Hujan Saluran Sekunder .....	55
Tabel 4. 11	Perhitungan Debit Banjir Rencana Saluran Tersier ..	57
Tabel 4. 12	Tabel Perhitungan Debit Banjir Rencana Saluran Sekunder .....	57
Tabel 4. 13	Curah Hujan Harian Maksimum .....	59
Tabel 4. 14	Curah Hujan Harian Maksimum rata-rata. ....	60
Tabel 4. 15	Parameter Statistika.....	61

Tabel 4. 16	Parameter statistik untuk Distribusi Gumbel dan Distribusi Normal .....	62
Tabel 4. 17	Parameter statistik untuk Distribusi Log Pearson Type III. ....	64
Tabel 4. 18	Hasil Perhitungan Awal Parameter Statistik .....	65
Tabel 4. 19	Hasil Perhitungan Uji-Chi Kuadrat pada Distribusi Log Pearson Type III .....	67
Tabel 4. 20	Hasil Perhitungan Uji Smirnov- Kolmogorov Metode Distribusi Log Pearson Type III. ....	69
Tabel 4. 21	Perhitungan Curah Hujan Rencana. ....	71
Tabel 4. 22	Hasil perhitungan rasio atau prosentase intensitas hujan .....	72
Tabel 4. 23	Tinggi Curah Hujan Efektif Untuk Curah Hujan Rencana Dengan Periode Ulang (T) Tahun Metode Log Pearson Type III DAS Sal. Primer Perbatasan .....	72
Tabel 4. 24	Distribusi Curah Hujan Rencana Efektif per Jam DAS Sal. Primer Perbatasan .....	73
Tabel 4. 25	Kurva Lengkung Naik ( $0 < t < T_p$ ) Debit Banjir Nakayasu Saluran Primer.....	74
Tabel 4. 26	Kurva Lengkung Turun Tahap I ( $T_p < t < T_p + T_{0.3}$ ) Debit Banjir Nakayasu Saluran Primer.....	75
Tabel 4. 27	Kurva Lengkung Turun Tahap II ( $T_p + T_{0.3} < t < T_p + T_{0.3} + 1,5 T_{0.3}$ ) Debit Banjir Nakayasu Saluran Primer. ....	75
Tabel 4. 28	Kurva Lengkung Turun Tahap III ( $t > T_p + T_{0.3} + 1,5 T_{0.3}$ ) Debit Banjir Nakayasu Saluran Primer.....	75
Tabel 4. 29	Hidrograf Banjir $Q_2$ Sal. Primer Perbatasan.....	77
Tabel 4. 30	Hidrograf Banjir $Q_5$ Sal. Primer Perbatasan.....	78
Tabel 4. 31	Hidrograf Banjir $Q_{10}$ Sal. Primer Perbatasan.....	80
Tabel 4. 32	Hasil Perhitungan BackWater Saluran Primer Perbatasan terhadap Pasang surut Air Laut .....	89
Tabel 4. 33	Hasil Perhitungan BackWater Saluran Sekunder Rungkut Barata terhadap saluran Primer Perbatasan .....	93

Tabel 4. 34 Hasil Perhitungan Kapasitas Pompa Air di Saluran Sekunder Rungkut Barata .....	98
Tabel 4. 35 Rencana Anggaran Biaya Normalisasi Saluran.....	101
Tabel 4. 36 Rencana Anggaran Biaya Rumah Pompa .....	102

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Peta Lokasi Studi.....	5
Gambar 2.2	Sistem Jaringan Saluran Sekunder Rungkut Barata dan Rungkut Menanggal .....	7
Gambar 2.3	Peta Durasi Genangan .....	8
Gambar 2.4	Peta Tata Guna Lahan .....	9
Gambar 2.5	Potongan Memanjang Saluran Sekunder Rungkut Barata .....	10
Gambar 2.6	Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Barata .....	10
Gambar 3.1	Unit Hidrograf Nakayasu .....	30
Gambar 3.2	Skema Rumah Pompa .....	34
Gambar 4.1	Peta Pengaruh Stasiun Hujan .....	41
Gambar 4.2	Peta titik kontrol .....	54
Gambar 4.3	Peniruan geometri saluran .....	82
Gambar 4.4	Tampilan untuk input data melintang saluran ...	83
Gambar 4.5	Tampilan input Flow Hydrograph pada HEC-RAS .....	84
Gambar 4.6	Tampilan input Stage Hydrograph pada HEC-RAS .....	84
Gambar 4.7	Penampang Melintang Eksisting.....	85
Gambar 4.8	Penampang Memanjang Eksisting .....	85
Gambar 4.9	Pengamatan Pasang Surut Air Laut.....	86
Gambar 4.10	Potongan Memanjang Pengaruh Backwater Saluran Primer Terhadap Pasang Surut Air laut	86
Gambar 4.11	Potongan Memanjang Pengaruh Backwater Saluran Sekunder Rungkut Barata Terhadap Saluran Primer Perbatasan .....	86
Gambar 4.12	Rencana Desain Potongan Memanjang terhadap Debit Banjir.....	94
Gambar 4.13	Rencana Desain Potongan Memanjang terhadap Debit Banjir dan Pengaruh Backwater dari Primer Perbatasan .....	94



Gambar 4.14	Desain potongan melintang saluran Rungkut Barata Sta +0.000 .....	94
Gambar 4.15	Desain potongan melintang saluran Rungkut Barata Sta +0.100 .....	94
Gambar 4.16	Desain potongan melintang saluran Rungkut Barata Sta +0.200 .....	94
Gambar 4.17	Desain potongan melintang saluran Rungkut Barata Sta +0.300 .....	94
Gambar 4.18	Desain potongan melintang saluran Rungkut Barata Sta +0.400 .....	94
Gambar 4.19	Desain potongan melintang saluran Rungkut Barata Sta +0.500 .....	94
Gambar 4.20	Desain potongan melintang saluran Rungkut Barata Sta +0.600 .....	94
Gambar 4.21	Desain potongan melintang saluran Rungkut Barata Sta +0.700 .....	94
Gambar 4.22	Desain potongan melintang saluran Rungkut Barata Sta +0.800 .....	94
Gambar 4.23	Desain potongan melintang saluran Rungkut Barata Sta +0.900 .....	94
Gambar 4.24	Desain potongan melintang saluran Rungkut Barata Sta +1.000 .....	94
Gambar 4.25	Desain potongan melintang saluran Rungkut Barata Sta +1.100 .....	94
Gambar 4.26	Desain potongan melintang saluran Rungkut Barata Sta +1.200 .....	94
Gambar 4.27	Desain potongan melintang saluran Rungkut Barata Sta +1.300 .....	94
Gambar 4.28	Desain potongan melintang saluran Rungkut Barata Sta +1.400 .....	94
Gambar 4.29	Desain potongan melintang saluran Rungkut Barata Sta +1.500 .....	94
Gambar 4.30	Desain potongan melintang saluran Rungkut Barata Sta +1.514 .....	94

Gambar 4.31	Desain potongan melintang saluran Rungkut Menanggal Sta +0.000.....	94
Gambar 4.32	Desain potongan melintang saluran Rungkut Menanggal Sta +0.100.....	94
Gambar 4.33	Desain potongan melintang saluran Rungkut Menanggal Sta +0.200.....	94
Gambar 4.34	Desain potongan melintang saluran Rungkut Menanggal Sta +0.300.....	94
Gambar 4.35	Desain potongan melintang saluran Rungkut Menanggal Sta +0.400.....	94
Gambar 4.36	Desain potongan melintang saluran Rungkut Menanggal Sta +0.500.....	94
Gambar 4.37	Desain potongan melintang saluran Rungkut Menanggal Sta +0.600.....	94
Gambar 4.38	Desain potongan melintang saluran Rungkut Menanggal Sta +0.700.....	94
Gambar 4.39	Desain potongan melintang saluran Rungkut Menanggal Sta +0.800.....	94
Gambar 4.40	Desain potongan melintang saluran Rungkut Menanggal Sta +0.900.....	94
Gambar 4.41	Desain potongan melintang saluran Rungkut Menanggal Sta +0.945.....	94
Gambar 4.42	Tampilan Input Data Melintang Rencana .....	95
Gambar 4.43	Desain penampang melintang Saluran Sekunder Rungkut Barata.....	95
Gambar 4.44	Desain penampang memanjang Saluran Sekunder Rungkut Barata.....	96
Gambar 4.45	Grafik Debit dan Waktu Pompa Air.....	98
Gambar 4.46	Rencana Desain Skema Rumah Pompa.....	97
Gambar 4.47	Rencana Desain Potongan Memanjang Rumah Pompa.....	97

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Permasalahan banjir kota Surabaya sampai saat ini belum dapat tertangani dengan bagus dan secara menyeluruh. Banjir terjadi karena adanya hujan lokal, pengaruh pasang surut air laut, pengalihan tata guna lahan, sistem drainase yang mengalami pendangkalan, serta pengaruh–pengaruh sosial yang terjadi. Pemerintah setempat telah berupaya dengan semaksimal mungkin untuk mengatasi permasalahan tersebut namun banjir masih sering terjadi di setiap tahunnya.

Saluran Sekunder Rungkut Barata dan Rungkut Menanggal Kota Surabaya yang termasuk sub sistem drainase saluran Perbatasan mengalami genangan air yang terjadi di waktu hujan dengan intensitas curah hujan sedang atau curah hujan tinggi. Genangan terjadi dalam jangka waktu kurang lebih 2 jam dengan kedalaman 10 cm s/d 30 cm. Genangan tersebut terjadi di permukiman penduduk sampai ke ruas-ruas jalan utama daerah tersebut.

Genangan ini diduga terjadi karena elevasi muka air banjir Saluran Primer Perbatasan lebih tinggi dari elevasi muka air banjir Saluran Sekunder Rungkut Barata, perbedaaan tersebut menyebabkan terjadinya aliran *backwater* dari Saluran Primer ke Saluran Sekunder sehingga mengakibatkan banjir. Saluran Primer Perbatasan juga dipengaruhi oleh pasang surut air laut, jika memang benar bahwa banjir tersebut dipengaruhi oleh pasang surut air laut maka solusi yang mungkin bisa di aplikasikan menggunakan pintu air dan pompa, bila dibutuhkan juga dilakukan normalisasi saluran. Oleh sebab itu Tugas akhir ini yang berjudul “RENCANA PENGENDALIAN BANJIR DI SALURAN SEKUNDER RUNGKUT BARATA DAN RUNGKUT MENANGGAL KOTA SURABAYA” merupakan salah satu usaha untuk memberikan alternatif dalam pengendalian banjir di kawasan tersebut.

## 1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang terjadi di saluran Sekunder Rungkut Barata dan Rungkut Menanggal Kota Surabaya adalah :

1. Berapa besar debit banjir rencana di *Catchment area* saluran Sekunder Rungkut Barata dan Rungkut Menanggal?
2. Berapa besar kemampuan penampang saluran eksisting Sekunder Rungkut Barata dan Rungkut Menanggal Kota Surabaya?
3. Mencari alternatif pengendalian banjir yang sesuai antara Rumah Pompa dan Normalisasi atau Parapet di saluran Sekunder Rungkut Barata dan Rungkut Menanggal Kota Surabaya?

## 1.3 Maksud dan Tujuan

Maksud dan tujuan Rencana pengendalian banjir di saluran Sekunder Rungkut Barata dan Rungkut Menanggal Kota Surabaya adalah :

1. Dapat mengetahui debit banjir rencana di *Catchment area* saluran Sekunder Rungkut Barata dan Rungkut Menanggal.
2. Dapat mengetahui besar kemampuan penampang di saluran eksisting Sekunder Rungkut Barata dan Rungkut Menanggal Kota Surabaya.
3. Dapat membandingkan kemampuan Rumah Pompa dan Normalisasi atau Parapet pada saluran sebagai alternatif mengendalikan banjir di saluran Sekunder Rungkut Barata dan Rungkut Menanggal Kota Surabaya.

## 1.4 Batasan Masalah

Mengingat luasnya permasalahannya yang ada dan terbatasnya waktu penyelesaian tugas akhir ini, maka masalah yang dibahas pada “Rencana pengendalian banjir di saluran Sekunder Rungkut Barata dan Rungkut Menanggal Kota Surabaya” sebagai berikut :

1. Analisis Debit Hidrologi menggunakan metode Rasional.
2. Analisis Hidrolika menggunakan program HEC-RAS.

3. Debit yang digunakan dalam perhitungan adalah debit curah hujan sedangkan debit limbah rumah tangga tidak diperhitungkan.
4. Merencanakan kemampuan kapasitas pompa dan normalisasi pada saluran.
5. Merencanakan gambar desain rumah pompa dan normalisasi saluran.
6. Menghitung Rencana Anggaran Biaya.
7. Tidak menghitung struktur bangunan pada rumah pompa dan normalisasi.

## **1.5 Manfaat**

### **1.5.1 Bagi Mahasiswa**

Untuk mengaplikasikan ilmu yang telah didapatkan pada saat kuliah dan berfikir ilmiah tentang pengendalian banjir di Kota Surabaya.

### **1.5.2 Bagi Instansi Pemerintah terkait**

Sebagai bahan masukan dalam menentukan kebijakan untuk pencegahan banjir.

### **1.5.3 Bagi Masyarakat**

Diharapkan masyarakat setempat dapat merasakan dampak perbaikan sistem drainase di daerah mereka tinggal.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

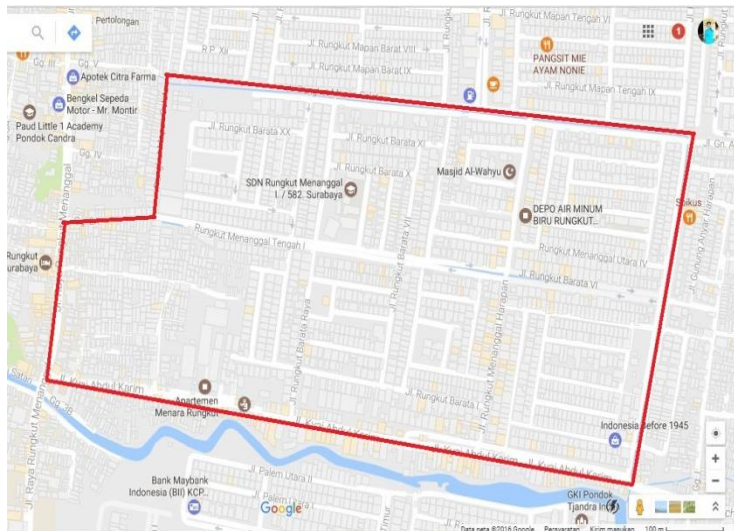


## BAB II KONDISI WILAYAH

Untuk Tugas Akhir berjudul “RENCANA PENGENDALIAN BANJIR DI SALURAN SEKUNDER RUNGKUT BARATA DAN RUNGKUT MENANGGAL KOTA SURABAYA” penyusun menggunakan beberapa tinjauan yaitu:

### 2.1 Lokasi Studi

Saluran Sekunder Rungkut Barata dan Rungkut Menanggal berada di kawasan Surabaya Timur, di sebelah barat berbatas dengan Gunung Anyar, sebelah timur berbatasan dengan Rungkut Tengah, sebelah utara berbatasan dengan Rungkut Mapan sedangkan sebelah selatan berbatasan dengan Kec. Sidoarjo. Berikut peta lokasi studi di Rungkut Barata dan Rungkut Menanggal pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Peta Lokasi Studi

## 2.2 Sistem Jaringan Saluran

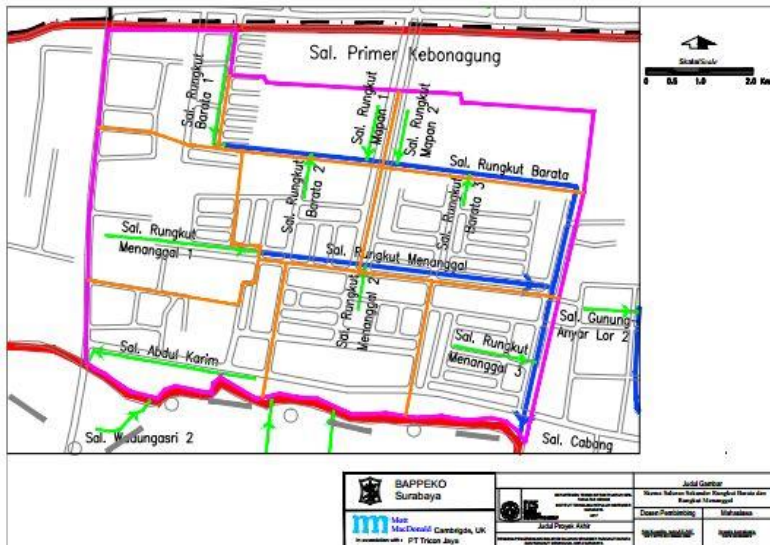
Dari Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga pematuan kota Surabaya, di lihat dari Drainage Master Plan(SDMP) saluran sekunder Rungkut Barata dan saluran Sekunder Rungkut Menanggal memiliki panjang 2,45 km dan luas daerah Aliran Sungai (DAS) 2.1 km<sup>2</sup>. Dengan pesatnya perkembangan pemukiman di daerah tersebut, mengakibatkan berkurangnya daerah resapan sehingga terjadi genangan-genangan yang menghambat aktivitas warga. Genangan ini terjadi dalam jangka waktu  $\pm 1-2$  jam. Saluran Sekunder Rungkut Barata dan saluran Sekunder Rungkut Menanggal menerima debit dari beberapa saluran tersier yaitu:

- a. Saluran Rungkut Barata 1
- b. Saluran Rungkut Barata 2
- c. Saluran Rungkut Barata 3
- d. Saluran Rungkut Menanggal 1
- e. Saluran Rungkut Menanggal 2
- f. Saluran Rungkut Menanggal 3
- g. Saluran Abdul Karim
- h. Saluran Rungkut Mapan 1
- i. Saluran Rungkut Mapan 2

Sepanjang saluran Sekunder Rungkut Barata dan saluran Sekunder Rungkut Menanggal debit yang tertampung di saluran kemudian akan dibuang ke saluran Primer Perbatasan. seperti pada gambar 2.2.

Dimana :

- Saluran warna merah adalah saluran Primer
- Saluran warna biru adalah saluran Sekunder
- Saluran warna hijau adalah saluran Tersier



Gambar 2.2 Sistem Jaringan Saluran Sekunder Runikut Barata dan Runikut Menanggal

### 2.3 Peta durasi Genangan

Genangan yang terjadi di *catchment area* saluran Sekunder Runikut Barata dan Runikut Menanggal terjadi dalam jangka waktu  $\pm 1-2$  jam. Berikut Peta durasi genangan yang terletak di *catchment area* saluran Sekunder Runikut Barata dan Runikut Menanggal Kota Surabaya seperti pada gambar 2.3.

Dimana durasi genangan :

- Warna kuning : 0 – 1 jam
- Warna hijau : 1 – 2 jam
- Warna biru : 2 – 4 jam
- Warna orange : 4 – 6 jam
- Warna merah : > 6 jam



Gambar 2.3 Peta Durasi Genangan

## 2.4 Pengumpulan Data

### 2.4.1 Data hujan

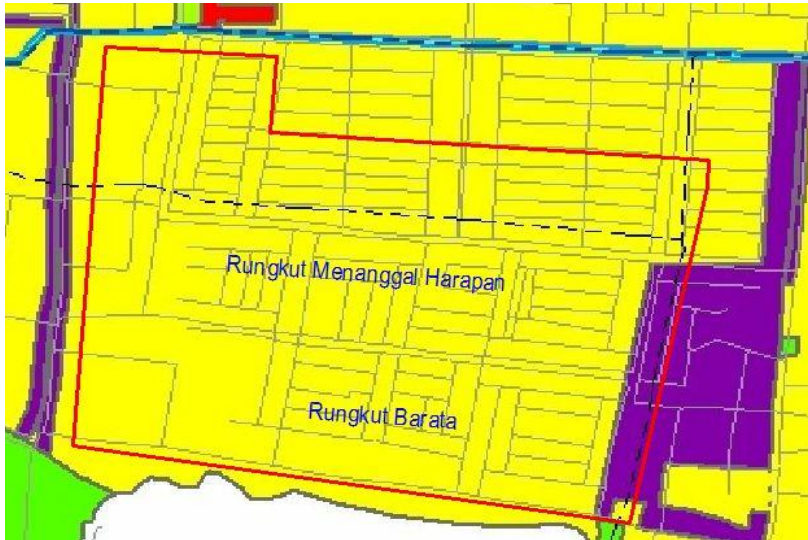
Data hujan yang dipakai untuk Tugas Akhir “Rencana Pengendalian banjir di saluran Sekunder Rungkut Barata dan Rungkut Menanggal Kota Surabaya” menggunakan data hujan minimal 10 tahun di stasiun hujan Wonorejo.

### 2.4.2 Data Tata Guna Lahan

Data tata guna lahan berguna untuk mengetahui koefisien pengaliran pada suatu daerah. Data berupa peta tata guna lahan yang menggambarkan pola penggunaan atau pemanfaatan lahan rencana yang mencakup kondisi eksisting dan rencana pengembangan sesuai dengan pengembangan di wilayah tersebut. Peta tata guna lahan di *Catchment area* saluran Sekunder Rungkut Barata dan Rungkut Menanggal Kota Surabaya seperti pada gambar 2.4.

Dimana :

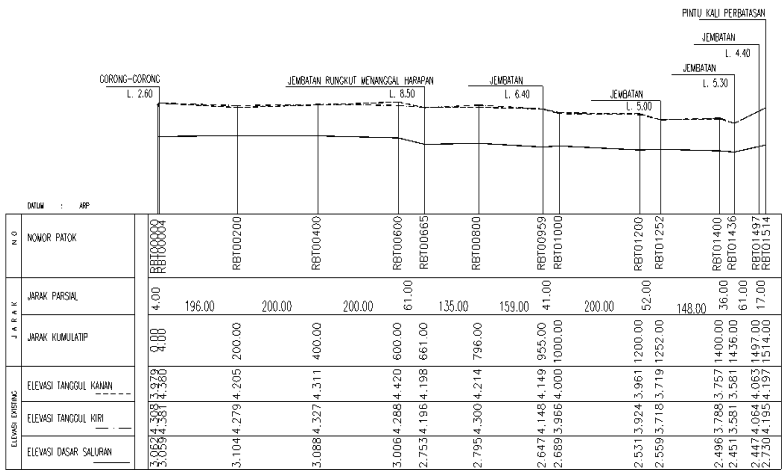
- Warna merah : Fasilitas Umum
- Warna Hijau : RTH
- Warna Ungu : Perdagangan dan Jasa
- Warna Kuning : Pemukiman



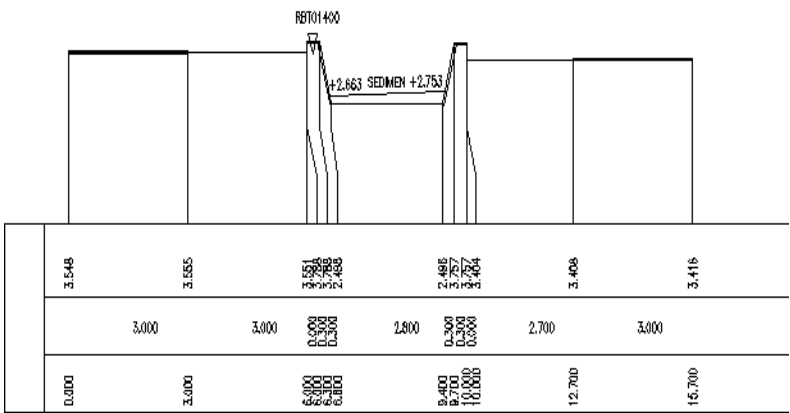
Gambar 2.4 Peta Tata Guna Lahan

#### 2.4.3 Data Memanjang dan Melintang Saluran

Data memanjang dan melintang saluran merupakan data pengukuran yang dilakukan di saluran yang akan di tinjau berupa gambar teknik. Berikut potongan memanjang dan melintang saluran Sekunder Rungkut Barata seperti pada gambar 2.5 dan 2.6



Gambar 2.5 Potongan Memanjang Saluran Sekunder Rungkut Barata



Gambar 2.6 Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Barata

## **BAB III**

### **METODOLOGI DAN LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Metodologi**

Metodologi adalah urutan kerja Tugas Akhir Terapan yang berjudul “RENCANA PENGENDALIAN BANJIR DI SALURAN SEKUNDER RUNGKUT BARATA DAN RUNGKUT MENANGGAL KOTA SURABAYA”. Adapun tujuan dibuatnya metodologi ini yaitu:

1. Mendapatkan gambaran awal mengenai tahapan analisis secara sistematis.
2. Memudahkan dalam mengetahui hal-hal yang berkaitan dengan pelaksanaan perencanaan.
3. Menghindari terjadinya kesalahan dalam pelaksanaan analisis.

##### **3.1.1 Tahap 1 Persiapan**

Persiapan dilakukan untuk mendukung kelancaran penyusunan Laporan Tugas Akhir ini, diantaranya :

1. Mengurus surat- surat yang diperlukan sebagai kelengkapan administrasi penyusunan Tugas Akhir.
2. Menentukan pihak- pihak (instansi) yang dapat dihubungi terkait penyusunan Tugas Akhir untuk mencari informasi dan meminta data.

##### **3.1.2 Tahap 2 Survey Lapangan**

Survey lapangan dilakukan bertujuan untuk mengetahui kondisi di lapangan.

##### **3.1.3 Tahap 3 Studi Literatur**

Studi literatur dilakukan dengan mempelajari teori- teori yang berkaitan dengan judul Laporan Tugas Akhir yaitu “RENCANA PENGENDALIAN BANJIR DI SALURAN SEKUNDER RUNGKUT BARATA DAN RUNGKUT MENANGGAL KOTA SURABAYA”

### 3.1.4 Tahap 4 Pengumpulan Data

Data yang diperlukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini antara lain :

#### 1. Data Hidrologi

Data hidrologi yang diperlukan yaitu data curah hujan harian maksimum tahunan dari Stasiun Curah Hujan yang berpengaruh pada daerah kajian ini adalah Stasiun Curah Hujan Wonorejo.

Peta yang digunakan antara lain :

- Peta Stasiun Hujan :  
Untuk mengetahui letak stasiun- stasiun hujan
- Peta Topografi :  
Dengan melihat peta topografi akan diketahui luas daerah perencanaan, alur aliran sungai, dan elevasi tanah pada daerah studi.
- Peta Layout Sistem Drainase :  
Untuk mengetahui layout perencanaan Sistem Drainase di saluran Sekunder Rungkut Barata dan Rungkut Menanggal Kota Surabaya.

#### 2. Data Tata Guna Lahan

Data tata guna lahan berguna untuk mengetahui koefisien pengaliran pada suatu daerah. Data berupa peta tata guna lahan yang menggambarkan pola penggunaan atau pemanfaatan lahan rencana yang mencakup kondisi eksisting dan rencana pengembangan sesuai dengan pengembangan di wilayah tersebut.

### 3.1.5 Tahap 5 Analisis Data

Data yang telah diperoleh kemudian diolah dengan menggunakan metode- metode yang telah diajarkan atau metode lain yang mungkin diperlukan

#### 1. Analisis Data Hidrologi

Menghitung debit rencana

- (Q2) untuk saluran tersier
- (Q5) untuk saluran sekunder
- (Q10) untuk saluran Primer



## 2. Analisis Hidrolika

- Menghitung kapasitas saluran *existing*.
- Meninjau apakah terjadi *back water* di pertemuan saluran Sekunder Rungkut Barata dan saluran Primer Perbatasan.
- Menghitung kemampuan pompa dan normalisasi pada saluran.

## 3. Menjalankan Program HEC-RAS

### 3.1.6 Tahap 6 Pengambilan Keputusan

Perbandingan  $Q_{rencana} < Q_{fbc}$  merupakan perbandingan antara tampungan air hujan pada saluran dengan debit banjir rencana, jika  $Q_{rencana}$  lebih besar dibandingkan  $Q_{fbc}$  maka harus ada penanganan untuk saluran yang tidak bisa menampung debit banjir di sepanjang saluran Sekunder Rungkut Barata dan Rungkut Menanggal.

### 3.1.7 Tahap 7 Alternatif Pengendalian Banjir

Alternatif pengendalian banjir di saluran Sekunder Rungkut Barata dan Rungkut Menanggal kota Surabaya merupakan beberapa solusi yang bisa di gunakan untuk mengendalikan banjir di kawasan tersebut. Alternatif pengendalian banjir harus dipilih sesuai dengan kondisi di lapangan. Beberapa Alternatif pengendalian banjir yang bisa di gunakan seperti normalisasi, pelebaran saluran, pembuatan pintu air, pembuatan rumah pompa hingga pembuatan bozem bisa dilakukan di Kota Surabaya.

### 3.1.8 Tahap 8 Kesimpulan

Tahap akhir adalah kesimplan dari pekerjaan tugas akhir ini yang merupakan jawaban dari rumusan masalah dan memenuhi harapan tujuan penelitian. Dalam kesimpulan dijawab solusi yang terbaik untuk menanggulangi banjir di saluran Sekunder Rungkut Barata dan Rungkut Menanggal Kota Surabaya.

## 3.2 Landasan Teori

Landasan teori merupakan teori yang relevan yang digunakan untuk menjelaskan tentang variabel yang akan diteliti

dan sebagai dasar untuk memberi jawaban sementara terhadap rumusan masalah yang diajukan, dan penyusunan instrument penelitian. Teori yang digunakan bukan sekedar pendapat dari pengarang atau pendapat lain, tetapi teori yang benar-benar telah teruji kebenarannya.

### 3.2.1 Mencari Data Hujan yang Kosong

Sebelum mengolah data hujan lebih lanjut, terlebih dahulu data hujan yang kurang harus dilengkapi. Ada 2 metode untuk melengkapi data hujan yang kurang yaitu:

#### a. Metode Aritmatika

Metode Aritmatika dapat digunakan apabila persentase perbandingan data hujan rata-rata tahunan stasiun yang datanya tidak lengkap < 10% perbedaannya dengan stasiun indeks ( stasiun hujan yang datanya lengkap ). Rumus untuk mencari data hujan yang hilang metode aritmatika adalah

$$R_{\bar{x}} = \frac{1}{n} \left[ \left( \frac{N_x}{N_a} \cdot R_a \right) + \left( \frac{N_x}{N_b} \cdot R_b \right) + \left( \frac{N_x}{N_c} \cdot R_c \right) \right]$$

Dimana :

$R_{\bar{x}}$	= data hujan yang kosong
$n$	= jumlah data
$N_x$	= jumlah data yang ada pada daerah yang kosong
$R_a, R_b, R_c$	= data hujan pembanding
$N_a, N_b, N_c$	= jumlah data sebagai pembanding

#### b. Metode Rasio Normal

Metode Rasio Normal dapat digunakan apabila persentase perbandingan hujan rata-rata tahunan stasiun yang datanya tidak lengkap 10% perbedaannya dengan stasiun indeks (stasiun hujan yang datanya lengkap). Rumus untuk mencari data hujan yang hilang metode rasio normal adalah

$$RD = \frac{1}{n} \left( \frac{N_D}{N_A} \times R_A + \frac{N_D}{N_B} \times R_B + \frac{N_D}{N_C} \times R_C + \frac{N_D}{N_E} \times R_E \right)$$

Dimana :	$R$	= data hujan
	$N$	= hujan rata-rata tahunan
	$n$	= jumlah stasiun hujan disekitar D

*Sumber: Triatmodjo, 2010:40*

### 3.2.2 Menghitung Tinggi Hujan Rata-rata

Untuk menentukan tinggi hujan rata-rata suatu daerah dimana daerah tersebut terdapat beberapa stasiun penakar hujan, masing-masing stasiun penakar hujan tersebut memiliki karakteristik daerah yang berbeda. Untuk itu perlu diadakannya pembaruan sifat karakteristik dari beberapa stasiun yang diperhitungkan, sehingga memiliki sifat karakteristik yang sama atau hampir sama. Untuk perhitungan curah hujan rata-rata digunakan beberapa metode sesuai dengan ketentuan dan kondisi pada daerah tersebut. Parameter untuk menentukan cara mencari tinggi hujan rata-rata dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Parameter yang digunakan untuk menentukan cara yang tepat untuk mencari tinggi hujan rata-rata

Parameter	Kondisi	Cara yang Dapat Digunakan
Jumlah Stasiun Hujan	Cukup	Aljabar, Poligon Thiessen, Ishoyet
	Terbatas	Rata-rata Aljabar, Poligon Thiessen
Luas DAS	>5000 km <sup>2</sup> (Besar)	Ishoyet
	501-5000 km <sup>2</sup> (Sedang)	Poligon Thiessen
	<500 km <sup>2</sup> (Kecil)	Rata-rata Aljabar
Kondisi Topografi	Pegunungan	Poligon Thiessen
	Dataran	Aljabar
	Berbukit dan tidak beraturan	Ishoyet dan Poligon Thiessen

*Sumber: Suripin, 2006:31-32*

Rumus:

$$\bar{R} = \frac{1}{n}(R_A + R_B + R_C + \dots + R_n)$$

Dimana:

$\bar{R}$  = Hujan rata-rata (mm)

N = Jumlah data

$R_A, R_B$  = Tinggi Hujan masing - masing stasiun (mm)

### 3.2.3 Parameter Statistika

Dalam statistika dikenal beberapa parameter yang berkaitan dengan analisis data yang meliputi:

#### 1. Nilai Rata-rata Tinggi Hujan

Tinggi rata-rata hujan diperoleh dengan mengambil harga rata-rata yang dihitung dari penakaran hujan pada area tersebut. Adapun rumus yang digunakan adalah sebagai berikut. (Triatmodjo, 2008: 203)

$$\bar{R} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i$$

Dimana:

$\bar{R}$  = Tinggi rata-rata hujan (mm)

$R_i$  = Variabel random (mm)

$n$  = Jumlah data

#### 2. Standart Deviasi

Pada umumnya ukuran disperse yang paling banyak digunakan adalah Standart Deviasi (Sd). Apabila penyebaran data sangat besar terhadap nilai rata-rata, maka nilai Standart Deviasi dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut (Triatmodjo, 2008: 204)

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (R_i - \bar{R})^2}{n-1}}$$

Dimana:

$Sd$  = Standart Deviasi

$\bar{X}$  = Tinggi rata-rata hujan (mm)

$X_i$  = Variabel random (mm)

$n$  = Jumlah data

#### 3. Koefisien Kemencengan

Koefisien kemencengan adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimetrisasi dari suatu bentuk distribusi. Koefisien kemencengan dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut. (Triatmodjo, 2008:242)

$$Cs = \frac{n}{(n-1)(n-2)Sd^3} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3$$

Dimana:

$C_s$  = Koefisien Skewness

$S_d$  = Standart Deviasi

$\bar{X}$  = Tinggi rata-rata hujan (mm)

$X_i$  = Variabel random (mm)

$n$  = Jumlah data

4. Koefisien Keruncingan

Koefisien keruncingan digunakan untuk menentukan keruncingan kurva distribusi yang pada umumnya dibandingkan dengan distribusi normal. Koefisien keruncingan dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut. (Triatmodjo, 2008: 243)

$$C_k = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)S_d^4}$$

Dimana:

$C_k$  = Koefisien Kurtosis

$S_d$  = Standart Deviasi

$\bar{X}$  = Tinggi rata-rata hujan (mm)

$X_i$  = Variabel random (mm)

$n$  = Jumlah data

Perhitungan curah hujan rencana dapat dihitung menggunakan beberapa metode. Adapun sifat-sifat khas parameter dari masing-masing distribusi dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Parameter Statistik yang Menentukan Distribusi

Distribusi	Parameter Statistik	Syarat
Normal	$C_s$	0
	$C_k$	3
Gumbel	$C_s$	1,14
	$C_k$	5,4
Log Pearson Type III	$C_s$	bebas
	$C_k$	bebas

Sumber: Triatmodjo, 2008: 250

### 3.2.4 Menghitung Tinggi Hujan Rencana

Tinggi hujan rencana adalah besarnya curah hujan yang dipakai sebagai dasar perhitungan debit rencana. Untuk menghitung tinggi hujan rencana digunakan beberapa metode yaitu:

#### 1. Metode Distribusi Normal

Data variabel hidrologi yang telah dihitung besarnya peluang atau periode ulangnya, selanjutnya apabila digambar pada kertas grafik peluang akan membentuk garis lurus sebagai berikut

$$X_T = \bar{X} + K_T \times Sd$$

Dimana:

$X_T$  = Perkiraan tinggi hujan rencana dengan periode ulang  $T$ -tahun

$\bar{X}$  = Tinggi hujan rata-rata

$K_T$  = Faktor frekuensi probabilitas

$Sd$  = Standart deviasi

#### 2. Metode Distribusi Gumbel

Prosedur perhitungan menggunakan Metode Distribusi Gumbel adalah sebagai berikut

a. Mengurutkan data curah hujan mulai dari nilai terbesar sampai nilai terkecil.

b. Mencari probabilitas terjadinya suatu peristiwa ke  $m$  dengan rumusan:

$$P = \frac{m}{n+1}$$

c. Menentukan periode ulang dari probabilitas tersebut dengan rumus:

$$T = \frac{1}{p}$$

d. Menggunakan perumusan Gumbel yaitu:

$$X_T = X + \alpha \cdot Y^T$$

Dimana:

$$X = \bar{X} + K \cdot Sd$$

$$Y = Y_n + K \cdot Sn$$

Dengan:

- $Y_n$  = *Reduce mean* tergantung jumlah sampel  
(harga  $Y_n$  dapat dilihat pada tabel 3.3)
- $S_n$  = *Reduce standard deviation*  
(harga  $S_n$  dapat dilihat pada tabel 3.4)
- $Y_t$  = *Reduce variate*, mempunyai nilai yang berbeda  
pada setiap periode ulang

Tabel 3. 3 Reduced mean (Yn)

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.492	0.4996	0.5035	0.507	0.51	0.5128	0.5157	0.5181	0.5202	0.522
20	0.5236	0.5252	0.5268	0.5283	0.5296	0.5309	0.532	0.5332	0.5343	0.5353
30	0.5362	0.5371	0.538	0.5388	0.5396	0.5403	0.541	0.5418	0.5424	0.5436
40	0.5436	0.5442	0.5448	0.5453	0.5458	0.5463	0.5468	0.5473	0.5477	0.5481
50	0.5485	0.5489	0.5493	0.5497	0.5501	0.5504	0.5508	0.5511	0.5515	0.5518
60	0.5521	0.5524	0.5527	0.553	0.5533	0.5535	0.5538	0.554	0.5543	0.5545
70	0.5548	0.5550	0.5552	0.5555	0.5557	0.5559	0.5561	0.5563	0.5565	0.5567
80	0.5569	0.557	0.5572	0.5574	0.5576	0.5578	0.558	0.5581	0.5583	0.5585
90	0.5586	0.5587	0.5589	0.5591	0.5592	0.5593	0.5595	0.5596	0.5598	0.5599
100	0.5600	0.5602	0.5603	0.5604	0.5606	0.5607	0.5608	0.5609	0.5610	0.5611

Tabel 3. 4 Reduced standard deviation (Sn)

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.9496	0.9676	0.9833	0.9971	1.0095	1.0206	1.0316	1.0411	1.0493	1.0565
20	1.0628	1.0696	1.0754	1.0811	1.0864	1.0915	1.0961	1.1004	1.1047	1.108
30	1.1124	1.1159	1.1193	1.1226	1.1255	1.1285	1.1313	1.1339	1.1363	1.1388
40	1.1413	1.1436	1.1458	1.148	1.1499	1.1519	1.1538	1.1557	1.1574	1.159
50	1.1607	1.1623	1.1638	1.1658	1.1667	1.1681	1.1696	1.1708	1.1721	1.1734



Tabel 3.4 Reduced standard deviation (Sn) (lanjutan).

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
60	1.1747	1.1759	1.177	1.1782	1.1793	1.1803	1.1814	1.1824	1.1834	1.1844
70	1.1854	1.1863	1.1873	1.1881	1.189	1.1898	1.1906	1.1915	1.1923	1.93
80	1.1938	1.1945	1.1953	1.1959	1.1967	1.1973	1.198	1.1987	1.1994	1.2001
90	1.2007	1.2013	1.202	1.2026	1.2032	1.2038	1.2044	1.2049	1.2055	1.206
100	1.2065	1.2069	1.2073	1.2077	1.208	1.2084	1.2087	1.209	1.2093	1.2096

Sumber : *Suripin, 2003:50 – 52*

1. Metode Distribusi Log Person Type III

Metode Log Person Type III ini didasarkan pada perubahan data yang ada dalam bentuk logaritma (Suripin, 2003: 41). Langkah-langkah untuk menghitung besarnya probabilitas hujan rencana dengan periode ulang T tahun dengan metode Log Person Type III sebagai berikut:

Menyusun data hujan mulai dengan harga yang besar sampai yang terkecil, kemudian dilanjutkan dengan hitungan sebagai berikut:

a Menghitung nilai rata-rata (mean)

$$\log \bar{X} = \frac{\sum \log x}{n}$$

b Standard Deviasi

$$Sd \log \bar{X} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log x - \overline{\log x})^2}{n - 1}}$$

## c Persamaan Metode Log Person Type III

$$\text{Log } X_t = \overline{\text{Log } \bar{X}} + K \cdot \overline{\text{SdLog } \bar{X}}$$

Dimana:

Sd = Standart Deviasi

 $\bar{X}$  = Tinggi rata-rata hujan (mm) $X_i$  = Variabel random (mm)

n = Jumlah data

K = Faktor sifat distribusi Log Pearson Type III yang merupakan fungsi dari besarnya Cs (harga K dapat dilihat pada tabel 3.5).

Tabel 3. 5 Nilai K Distribusi Log Pearson Type III.

Koefisien Kemencengan (cs)	Periode Ulang (Tahun)					
	1.01	2	5	10	50	100
3	-0.667	-0.396	0.42	1.18	3.152	4.051
2.5	-0.799	-0.36	0.574	1.25	3.108	3.185
2	-0.99	-0.307	0.609	1.302	2.912	3.605
1.5	-1.256	-0.24	0.705	1.333	2.712	3.33
1.2	-1.449	-0.195	0.732	1.31	2.626	3.149
1	-1.588	-0.164	0.758	1.34	2.342	3.022
0.9	-1.66	-0.148	0.769	1.339	2.198	2.957
0.8	-1.733	-0.132	0.78	1.336	2.153	2.891
0.7	-1.806	-0.116	0.79	1.333	2.107	2.824
0.6	-1.88	-0.099	0.8	1.328	2.339	2.755
0.5	-1.955	-0.083	0.808	1.323	2.311	2.686
0.4	-2.029	-0.066	0.816	1.317	2.61	2.615
0.3	-2.101	-0.05	0.824	1.309	2.211	2.314
0.2	-2.178	-0.033	0.83	1.032	2.159	2.172
0.1	-2.252	-0.017	0.836	1.292	2.107	2.1
0	-2.326	0	0.842	1.282	2.031	2.326
-0.1	-2.1	0.017	0.834	1.27	2	2.232
-0.2	-2.172	0.033	0.85	1.258	1.945	2.178
-0.3	-2.541	0.06	0.853	1.245	1.89	2.101
-0.4	-2.615	0.066	0.855	1.231	1.831	2.029

Tabel 3.5 Nilai K Distribusi Log Pearson Type III (lanjutan).

Koefisien Kemencengan (cs)	Periode Ulang (Tahun)					
	1.01	2	5	10	50	100
-0.5	-2.686	0.083	0.856	1.216	1.777	1.955
-0.6	-2.755	0.099	0.857	1.2	1.72	1.88
-0.7	-2.821	0.166	0.857	1.183	1.663	1.806
-0.8	-2.891	0.132	0.856	1.166	1.606	1.733
-0.9	-2.937	0.148	0.854	1.147	1.519	1.66
-1	-3.022	0.161	0.852	1.128	1.492	1.888
-1.2	-3.149	0.195	0.844	1.086	1.379	1.449
-1.5	-3.33	0.24	0.832	1.018	1.217	1.256
-2	-3.605	0.307	0.777	0.895	0.98	0.99
-2.5	-3.815	0.36	0.711	0.771	0.798	0.799
-3	-4.051	0.396	0.636	0.66	0.666	0.667

*Sumber : Suwarno, 1995*

### 3.2.5 Uji Kecocokan Distribusi

Untuk menentukan uji kecocokan distribusi dari sampel data terhadap fungsi distribusi teoritis yang diperkirakan dapat menggambarkan distribusi empiris, diperlukan pengujian secara statistik. Untuk menetapkan apakah persamaan distribusi peluang yang akan dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Ada 2 jenis uji kecocokan yaitu:

#### 1. Chi-Kuadrat

Uji Chi-Kuadrat digunakan untuk menentukan apakah persamaan peluang dapat mewakili dari distribusi sampel data yang dianalisis.

Parameter yang digunakan dalam pengambilan keputusan ini adalah  $\chi^2$ , parameter  $\chi^2$  dapat dihitung dengan rumus (Suripin, 2003: 23):

$$\chi^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Dengan:

$\chi^2$  = Parameter Chi-Kuadrat terhitung

$O_i$  = jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke  $i$

$E_i$  = jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke  $i$

## 2. Smirnov-Kolmogorov

Uji Smirnov-Kolmogorov juga sering disebut juga uji kecocokan non parameter, karena pengujinya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu.

Prosedur uji Smirnov-Kolmogorov adalah:

- a Urutkan data pengamatan dari terbesar ke terkecil atau sebaliknya tentukan peluang masing-masing data distribusi:

$$X_1 = P(X_1)$$

$$X_2 = P(X_2)$$

$$X_m = P(X_m)$$

$$X_n = P(X_n)$$

$$P(X_n) = \frac{m}{n-1} \text{ dan } P(X <) = 1 - P(X_i)$$

Dengan:

$$P(X) = \text{Peluang}$$

$$m = \text{Nomor urut kejadian}$$

$$n = \text{Jumlah data}$$

- b Tentukan masing-masing peluang teoritis dan hasil penggambaran data

$$X_1 = P'(X_1)$$

$$X_2 = P'(X_2)$$

$$X_m = P'(X_m)$$

$$X_n = P'(X_n)$$

$$F(t) = \frac{x - \bar{x}}{sd} \text{ dan } P'(X_i) = 1 - P'(X <)$$

Dengan:

$$P'(X_m) = \text{Peluang teoritis yang terjadi pada nomor ke } n$$

$$X = \text{Curah hujan harian}$$

$$\bar{X} = \text{Curah hujan rata-rata}$$

$$F(t) = \text{Distribusi normal standart}$$

- c Tentukan selisih terbesar dari peluang pengamatan dengan peluang teoritis dari kedua nilai peluang tersebut :  
 $D_{maks} = [P(X_m) - P'(X_m)]$
- d Tentukan nilai  $D_0$  berdasarkan tabel kritis Smirnov-Kolmogorov.

Intrepresentasi hasilnya adalah :

- Apabila  $D_{maks} < D_0$  distribusi yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi dapat diterima
- Apabila  $D_{maks} > D_0$  maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan distribusi tidak sama

Persamaan garis yang umum digunakan untuk Smirnov-Kolmogorov adalah:

$$X = \bar{X} + k \times Sd$$

Dengan :

$X$  = Hujan rencana

$\bar{X}$  = Hujan rata-rata

$K$  = Faktor distribusi

$Sd$  = Standart deviasi

Tabel 3. 6 Nilai  $D_0$  untuk uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov

N	Derajat kepercayaan ( $\alpha$ )			
	0,2	0,1	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,3	0,34	0,4
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,2	0,23	0,27

### 3.2.6 Perhitungan Debit Rencana

Untuk menentukan debit banjir rencana yang mungkin akan mengalir atau terjadi dengan rencana waktu ulang tertentu. Dalam perencanaan normalisasi dipakai metode rasional.

## 1. Metode Rasional ( Q )

Rumus :

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot It \cdot A$$

Dimana :

Q = debit puncak yang ditimbulkan oleh hujan dengan intensitas, durasi, dan frekuensi tertentu (m<sup>3</sup>/det)

It = intensitas hujan ( mm/jam )

A = luas daerah tangkapan ( km<sup>2</sup> )

C = koefisien aliran yang tergantung pada jenis permukaan lahan, yang nilainya diberikan tabel 3.7 (Triatmodjo, 2010:144)

Intensitas Hujan dapat dihitung dengan rumus :

$$It = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}}$$

(Triatmodjo, 2010:266)

Untuk Koefisien Aliran C dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 3. 7 Koefisien aliran C

Tipe Daerah Aliran	C
Rerumputan	
Tanah pasir, datar, 2%	0,50-0,10
Tanah pasir, sedang, 2-7%	0,10-0,15
Tanah pasir, curam, 7%	0,15-0,20
Tanah gemuk, datar, 2%	0,13-0,17
Tanah gemuk, sedang, 2-7%	0,18-0,22
Tanah gemuk, curam, 7%	0,25-0,35
Perdagangan	
Daerah kota lama	0,75-0,95
Daerah pinggiran	0,50-0,70
Perumahan	
Daerah single family	0,30-0,50

Tabel 3. 7 Koefisien aliran C (lanjutan).

Tipe Daerah Aliran	C
Multi unit terpisah	0,40-0,60
Multi unit tertutup	0,60-0,75
Suburban	0,25-0,40
Daerah apartemen	0,50-0,70
Industri	
Daerah ringan	0,50-0,80
Daerah berat	0,60-0,90
Taman, kuburan	0,10-0,25
Tempat bermain	0,20-0,35
Halaman kereta api	0,20-0,40
Daerah tidak dikerjakan	0,10-0,30
Jalan: beraspal	0,70-0,95
Beton	0,80-0,95
Batu	0,70-0,85
Atap	0,75-0,85

Sumber : Triatmodjo, 2010:145

### 3.2.7 Menghitung Kapasitas Saluran

Perhitungan kapasitas eksisting dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kapasitas debit yang dapat ditampung saluran. Hal ini dilakukan sebelum melakukan perencanaan dimensi eksisting sungai. Perhitungan yang dipakai adalah menggunakan persamaan kontinuitas, persamaan tersebut dinyatakan dengan :

Sumber : Suripin, 2003:130

Rumus :

$$Q = A \cdot V$$

Dimana :

Q	= Debit aliran (m <sup>3</sup> /detik)
A	= Luas basah penampang saluran (m <sup>2</sup> )
V	= Kecepatan aliran (m/detik)

Untuk menentukan V dilakukan perhitungan dengan metode Manning :

Rumus :

$$V = 1/n \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

Dimana :         $n$         = koefisien kekasaran dinding dan dasar saluran (koefisien kekasaran Manning)  
                       $R$         = Jari-jari hidrolis ( $R = A/P$ )  
                       $P$         = Keliling basah penampang saluran (m)  
                       $I$         = Kemiringan dasar saluran

*Sumber : Suripin, 2003:144*

Untuk Koefisien kekasaran Manning dapat dilihat pada tabel 3.8

**Tabel 3. 8 Nilai Koefisien Kekasaran Manning**

Tipe Saluran	Koefisien Manning
Baja	0,011 - 0,014
Baja Permukaan Gelombang	0,021 - 0,030
Semen	0,010 - 0,013
Beton	0,011 - 0,015
Pasangan Batu	0,010 - 0,014
Kayu	0,010 - 0,015
Bata	0,013
Aspal	0,017 - 0,030

*Wesli, 2008:97*

### **3.2.8 Hidrograf Satuan Sintesis Metode Nakayasu**

Penggunaan metode Nakayasu disesuaikan dengan ketersediaan data curah hujan, iklim, jenis tanah, karakteristik daerah, luas daerah dan sebagainya.

Debit rencana dihitung dengan menggunakan pendekatan Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu dengan langkah-langkah sebagai berikut. Nakayasu menurunkan rumus hidrograf satuan sintetik berdasarkan hasil pengamatan dan penelitian pada beberapa sungai di Jepang. Besarnya nilai debit puncak hidrograf satuan dihitung dengan rumus :

$$Q_p = \frac{C.A.R_0}{3,6 (0,3.T_p.T_{0,3})}$$

Dimana :

$Q_p$                 = Debit puncak banjir (m<sup>3</sup>/det)  
 $C$                 = Koefisien pengaliran



- $A$  = Luas daerah aliran sungai ( $\text{km}^2$ )  
 $R_0$  = Hujan satuan ( $\text{mm}$ )  
 $T_p$  = Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir ( $\text{jam}$ )  
 $T_{0,3}$  = Waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari debit puncak sampai menjadi 30% dari debit puncak ( $\text{jam}$ )

Nakayasu membagi bentuk hidrograf satuan dalam dua bagian, yaitu lengkung naik dan lengkung turun. Pada bagian lengkung naik, besarnya nilai hidrograf satuan dihitung dengan persamaan :

$$Qa = Qp \cdot \left( \frac{t}{T_p} \right)^{2,4}$$

Dimana :

$Qa$  = Limpasan sebelum mencapai debit puncak dan dinyatakan dalam bentuk  $\text{m}^3/\text{detik}$

Pada bagian lengkung turun yang terdiri dari tiga bagian, hitungan limpasan permukaannya adalah :

1. Untuk  $Qd > 0,30 \cdot Qp$ ,

$$Qd = Qp \cdot 0,3^{\frac{t-T_p}{T_{0,3}}}$$

2. Untuk  $0,30 \cdot Qp > Qd > 0,30^2 Qp$ ,

$$Qd = Qp \cdot 0,3^{\frac{(t-T_p) + (0,5 \cdot T_{0,3})}{1,5 \cdot T_{0,3}}}$$

3. Untuk  $0,30^2 Qp > Qd$ ,

$$Qd = Qp \cdot 0,3^{\frac{(t-T_p) + (0,5 \cdot T_{0,3})}{1,5 \cdot T_{0,3}}}$$

Dimana :

$Qp$  = Debit puncak ( $\text{m}^3/\text{det}$ )

$T$  = Satuan waktu ( $\text{jam}$ )

Menurut Nakayasu, waktu naik hidrograf bergantung dari waktu konsentrasi, dan dihitung dengan persamaan :

$$T_p = T_g + 0,8 T_r$$

Dimana :

$Tg$  = Waktu konsentrasi (jam)

$Tr$  = Satuan waktu hujan (diambil 1 jam)

Dimana persamaan rumus untuk  $Tr$  adalah :

$Tr = 0,75 \cdot Tg$  (karena  $0 < Tr < 1$ )

Waktu konsentrasi dipengaruhi oleh panjang sungai utama ( $L$ ) :

Jika  $L < 15$  km, maka  $Tg = 0,21 \cdot L^{0,7}$

Jika  $L > 15$  km, maka  $Tg = 0,4 \cdot 0,058 \cdot L$

Waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari puncak sampai debit menjadi 30% dari debit puncak hidrograf satuan dihitung :

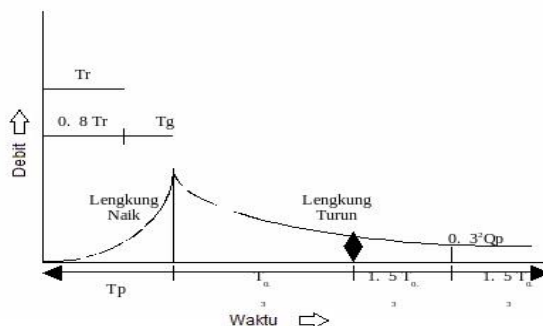
$$T_{0,3} = \alpha \cdot Tg$$

Dimana :

$\alpha$  = Koefisien yang bergantung pada karakteristik DAS.

- Untuk daerah pengaliran biasa,  $\alpha = 2$
- Untuk bagian naik hidrograf yang lambat dan bagian menurun yang cepat,  $\alpha = 1,5$
- Untuk bagian naik hidrograf yang cepat dan bagian menurun yang lambat,  $\alpha = 3$

Contoh grafik Hidrograf Nakayasu dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Unit Hidrograf Nakayasu

3.2.9 Perhitungan Aliran Balik (Back Water)

Aliran balik merupakan gangguan pada saluran, dimana profil permukaan air atau lengkungan permukaan aliran pada saluran (kedalaman aliran pada saluran) berubah secara lambat laun. Agar saluran tetap berfungsi dan dapat mengalirkan air dengan baik dan sesuai dengan perencanaan, maka pengaruh adanya *back water* tersebut harus diperhitungkan dan dipakai sebagai dasar penentuan bangunan-bangunan pelengkap (bangunan penolong) yakni tanggul saluran pada pertemuan saluran sekunder Barata dengan saluran primer Perbatasan. Untuk menghitung dan menentukan panjang pengaruh back water pada penampang teratur digunakan metode Tahapan Langsung atau *Direct Step Methode*. Langkah perhitungan yang diselesaikan dalam tabel yang terdiri dari 14 kolom sebagai berikut:

Tabel 3. 9 Langkah Perhitungan Metode Tahapan Langsung

Y	A	P	R	R4/3	V	$\alpha=\frac{V^2}{2g}$	E	$\Delta E$	If	$\bar{I}_f$	$I0-\bar{I}_f$	$\Delta x$	x
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

Keterangan setiap kolom :

- 1. y = Kedalaman aliran pada saluran (m)
- 2. A = Luas penampang basah saluran (m<sup>2</sup>)
- 3. P = Keliling basah saluran (m)
- 4. R = Jari-jari hidrolis saluran (m),  $R = \frac{A}{P}$
- 5. R<sup>4/3</sup> =
- 6. V = Kecepatan aliran rata-rata (m/det)

7.  $\alpha = \frac{v^2}{2g}$  = Tinggi kecepatan
8. E = Energi spesifik (m),  $E = y + \alpha = \frac{v^2}{2g}$
9.  $\Delta E$  = Perubahan energi spesifik (m)
10.  $I_f$  = Miring energi
11.  $\bar{I}_f$  = Miring energi rata-rata
12.  $I_0 - \bar{I}_f$  = Selisih miring dasar dengan miring energi rata-rata
13.  $\Delta x$  = Panjang bagian saluran antara 2 tahap berurutan,
14. x = Jarak dari penampang yang ditinjau terhadap titik kontrol awal perhitungan (panjang pengaruh aliran balik/*back water*)

### 3.2.10 Perhitungan Kapasitas Kolam Penampung.

Kolam penampungan (retensi) adalah suatu bangunan atau konstruksi yang berfungsi untuk menampung sementara air banjir atau hujan dan sementara itu sungai induknya tidak dapat menampung lagi debit banjir yang ada. Perencanaan kolam penampungan ini dikombinasikan dengan pompa sehingga pembuangan air dari kolam penampungan bisa lebih cepat. Dimensi kolam penampungan ini didasarkan pada volume air akibat hujan selama t menit yang telah ditentukan, artinya jika hujan sudah mencapai t menit, maka pompa harus sudah dioperasikan sampai elevasi air dikolam penampungan mencapai batas minimum.

Untuk mengantisipasi agar kolam penampungan tidak meluap melebihi kapasitasnya maka petugas yang mengoperasikan pompa harus selalu siap pada waktu hujan. Suatu daerah dengan elevasi muka tanah yang lebih rendah dari muka air laut dan muka air banjir di sungai menyebabkan daerah tersebut tidak dapat dilayani oleh drainase sistem gravitasi. Maka daerah tersebut perlu dilengkapi dengan stasiun pompa. Pompa ini berfungsi untuk membantu mengeluarkan air dari kolam penampung banjir maupun langsung dari saluran drainase pada saat air tidak dapat mengalir

secara gravitasi. Rumus yang digunakan untuk menghitung kapasitas pompa apabila volume tampungan ditentukan adalah:

$$Q_p = Q_{maks} - \left[ \frac{2 \times Q_{maks} \times V_t}{nt_c} \right]^{0,5}$$

Dimana :

- $Q_p$  = kapasitas pompa (m<sup>3</sup>/detik),  
 $Q_{maks}$  = debit banjir maksimum (m<sup>3</sup>/detik),  
 $V_t$  = volume tampungan total (m<sup>3</sup>),  
 $nt_c$  = lama terjadinya banjir (detik).

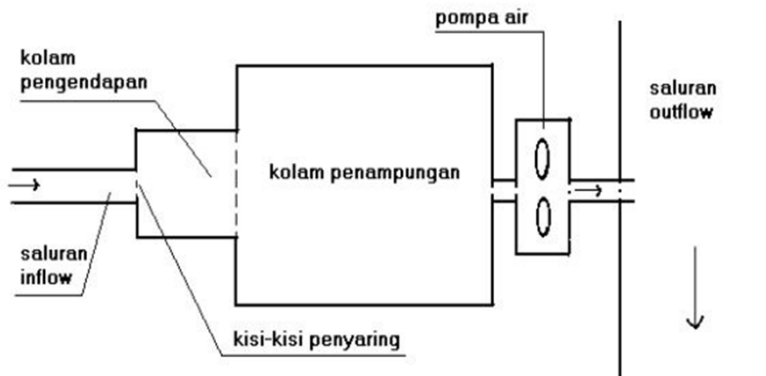
Volume tampungan total ( $V_t$ ) terdiri dari 3 (tiga) komponen, yaitu:

1. Volume tampungan di kolam retensi ( $V_k$ ),
2. Volume genangan yang diizinkan terjadi ( $V_g$ ),
3. Volume tampungan di saluran drainase ( $V_s$ )

### 3.2.11 Kolam Penampungan

Kolam penampungan adalah suatu bangunan/konstruksi yang berfungsi untuk menampung sementara air dari saluran atau kali pada saat pintu klep ditutup karena terjadi air pasang tertinggi dari hilir saluran yang bersamaan dengan hujan deras pada hulu saluran. Dimana air genangan tersebut masuk ke kolam penampung melalui saluran drainase (saluran *inflow*) dan keluar menuju laut melalui saluran pembuang (saluran *outflow*) dengan bantuan pompa.

Kolam penampungan ini mempunyai bangunan pelengkap yaitu berupa kolam pengendapan dan kisi-kisi penyaring, dimana fungsi dari kolam penampungan adalah untuk mengendapkan sedimen terbawa sehingga mengurangi endapan sedimen yang masuk ke dalam kolam penampungan, sedangkan fungsi dari kisi-kisi penyaring adalah mencegah masuknya benda-benda yang hanyut menuju kolam penampungan. Untuk gambar skema pompa bisa di lihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Skema Rumah Pompa

Dimensi kolam penampungan didasarkan pada perhitungan debit rencana yang masuk kolam penampungan dari saluran drainase dan debit rencana yang keluar dari kolam penampungan melalui pompa. Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung dimensi kolam penampungan ini adalah sebagai berikut :

$$V = L \cdot B \cdot H$$

Dimana :

V = volume kolam penampungan ( $m^3$ )

L = panjang kolam penampungan (m)

B = lebar kolam penampungan (m)

H = tinggi kolam penampungan (m)

### 3.2.12 Program Aplikasi HEC-RAS

HEC-RAS merupakan program aplikasi untuk memodelkan aliran di sungai, River Analysis System (RAS), yang dibuat oleh Hydrologic Engineering Center (HEC) yang merupakan satu divisi di dalam Institute for Water Resources (IWR), di bawah US Army Corps of Engineers (USACE). HEC-RAS merupakan model satu dimensi aliran permanen maupun tak permanen (*steady and unsteady one-dimensional flow model*).

HEC-RAS Versi 4.1, beredar sejak Januari 2010. HEC-RAS memiliki empat komponen model satu dimensi:

- a hitungan profil muka air aliran permanen,
- b simulasi aliran tak permanen,
- c hitungan transpor sedimen,
- d hitungan kualitas air.

Satu elemen penting dalam HEC-RAS adalah keempat komponen tersebut memakai data geometri yang sama, *routine* hitungan hidraulika yang sama, serta beberapa fitur desain hidraulik yang dapat diakses setelah hitungan profil muka air berhasil dilakukan. HEC-RAS merupakan program aplikasi yang mengintegrasikan fitur *graphical user interface*, analisis hidraulik, manajemen dan penyimpanan data, grafik, serta pelaporan.

### 3.2.12.1 Graphical User Interface

Interface ini berfungsi sebagai penghubung antara pemakai dan HEC-RAS. *Graphical interface* dibuat untuk memudahkan pemakaian HEC-RAS dengan tetap mempertahankan efisiensi. Melalui *graphical interface* ini, dimungkinkan untuk melakukan hal-hal berikut ini dengan mudah:

- manajemen file,
- menginputkan data serta mengeditnya,
- melakukan analisis hidraulik,
- menampilkan data masukan maupun hasil analisis dalam bentuk tabel dan grafik,
- penyusunan laporan, dan
- mengakses on-line help.

### 3.2.12.2 Analisis Hidraulika

*Steady Flow Water Surface Component*. Modul ini berfungsi untuk menghitung profil muka air aliran permanen berubah beraturan (*steady gradually varied flow*). Program mampu memodelkan jaring sungai, sungai dendritik, maupun sungai tunggal. *Regime* aliran yang dapat dimodelkan adalah aliran sub-kritik, super-kritik, maupun campuran antara keduanya.

Langkah hitungan profil muka air yang dilakukan oleh modul aliran permanen HEC-RAS didasarkan pada penyelesaian persamaan energi (satu-dimensi). Kehilangan energi dianggap diakibatkan oleh gesekan (Persamaan Manning) dan kontraksi/ekspansi (koefisien dikalikan beda tinggi kecepatan). Persamaan momentum dipakai manakala dijumpai aliran berubah cepat (*rapidly varied flow*), misalnya campuran regime aliran sub-kritik dan super-kritik (*hydraulic jump*), aliran melalui jembatan, aliran di percabangan sungai (*stream junctions*). Modul aliran permanen HEC-RAS mampu memperhitungkan pengaruh berbagai hambatan aliran, seperti jembatan (*bridges*), gorong-gorong (*culverts*), bendung (*weirs*), ataupun hambatan di bantaran sungai.

Modul aliran permanen dirancang untuk dipakai pada permasalahan pengelolaan bantaran sungai dan penetapan asuransi risiko banjir berkenaan dengan penetapan bantaran sungai dan dataran banjir. Modul aliran permanen dapat pula dipakai untuk perkiraan perubahan muka air akibat perbaikan alur atau pembangunan tanggul. Fitur spesial modul aliran permanen HEC-RAS mencakup analisis plan ganda, hitungan profil ganda, analisis bukaan gorong-gorong atau pintu ganda, optimasi pemisahan aliran, serta desain dan analisis saluran stabil.

*Unsteady Flow Simulation.* Modul ini mampu menyimulasikan aliran tak permanen satu dimensi pada sungai yang memiliki alur kompleks. Semula, modul aliran tak permanen HEC-RAS hanya dapat diaplikasikan pada aliran sub-kritik, namun sejak diluncurkannya versi 3.1, modul aliran tak permanen HEC-RAS dapat pula menyimulasikan regime aliran campuran (sub-kritik, super-kritik, loncat air, dan *draw-downs*). Bagian program yang menghitung aliran di tampang lintang, jembatan, gorong-gorong, dan berbagai jenis struktur hidraulik lainnya merupakan program yang sama dengan program hitungan yang ada pada modul aliran permanen HEC-RAS. Fitur spesial modul aliran tak permanen mencakup analisis dam break, limpasan melalui tanggul



dan tanggul jebol, pompa, operasi dam navigasi, serta aliran tekan dalam pipa.

*Sediment Transport/Movable Boundary Computations.* Modul ini mampu menyimulasikan transpor sedimen satu dimensi (simulasi perubahan dasar sungai) akibat gerusan atau deposisi dalam waktu yang cukup panjang (umumnya tahunan, namun dapat pula dilakukan simulasi perubahan dasar sungai akibat sejumlah banjir tunggal). Potensi transpor sedimen dihitung berdasarkan fraksi ukuran butir sedimen sehingga memungkinkan simulasi armoring dan sorting. Fitur utama modul transpor sedimen mencakup kemampuan untuk memodelkan suatu jaring (*network*) sungai, dredging, berbagai alternatif tanggul, dan pemakaian berbagai persamaan (empiris) transpor sedimen. Modul transpor sedimen dirancang untuk menyimulasikan trend jangka panjang gerusan dan deposisi yang diakibatkan oleh perubahan frekuensi dan durasi debit atau muka air, ataupun perubahan geometri sungai. Modul ini dapat pula dipakai untuk memprediksi deposisi di dalam reservoir, desain kontraksi untuk keperluan navigasi, mengkaji pengaruh dredging terhadap laju deposisi, memperkirakan kedalaman gerusan akibat banjir, serta mengkaji sedimentasi di suatu saluran.

*Water Quality Analysis.* Modul ini dapat dipakai untuk melakukan analisis kualitas air di sungai. HEC-RAS versi 4.0 dapat dipakai untuk melakukan analisis temperatur air serta simulasi transpor beberapa konstituen kualitas air, seperti Algae, Dissolved Oxygen, Carbonaceous Biological Oxygen Demand, Dissolved Orthophosphate, Dissolved Organic Phosphorus, Dissolved Ammonium Nitrate, Dissolved Nitrite Nitrogen, Dissolved Nitrate Nitrogen, and Dissolved Organic Nitrogen. Kemampuan untuk menyimulasikan transpor berbagai konstituen kualitas air lainnya akan ditambahkan pada HEC-RAS versi yang akan datang.

### **3.2.12.3 Penyimpanan Data Dan Manajemen Data**

Penyimpanan data dilakukan ke dalam “flat” files (format ASCII dan biner), serta file HEC-DSS. Data masukan dari pemakai HEC-RAS disimpan ke dalam file-file yang dikelompokkan

menjadi: project, plan, geometry, steady flow, unsteady flow, dan sediment data. Hasil keluaran model disimpan ke dalam binary file. Data dapat ditransfer dari HEC RAS ke program aplikasi lain melalui HEC-DSS file. Manajemen data dilakukan melalui user interface. Pemakai diminta untuk menuliskan satu nama file untuk project yang sedang dia buat. HEC-RAS akan menciptakan beberapa file secara otomatis (file-file: plan, geometry, steady flow, unsteady flow, output, etc.) dan menamainya sesuai dengan nama file project yang dituliskan oleh pemakai.

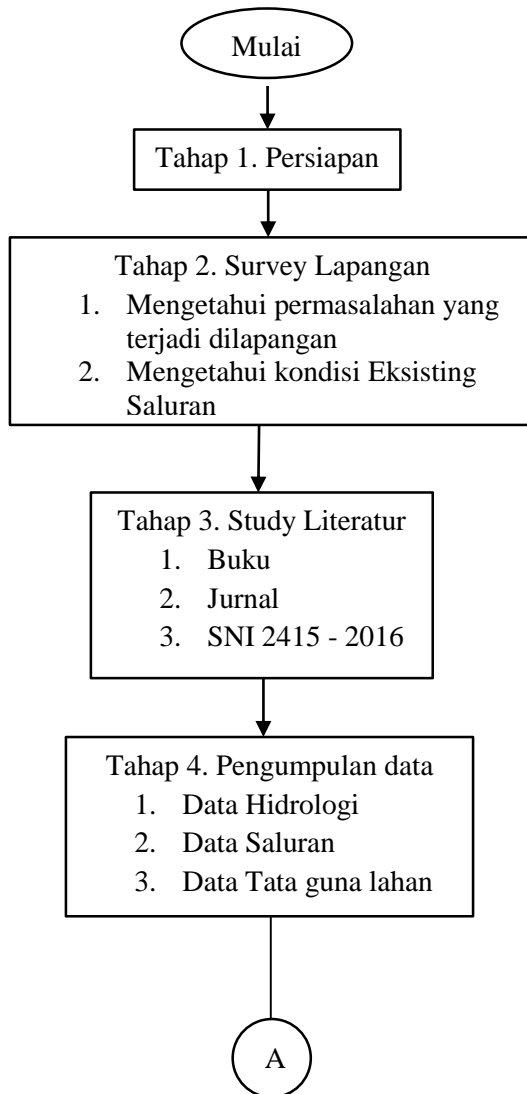
Penggantian nama file, pemindahan lokasi penyimpanan file, penghapusan file dilakukan oleh pemakai melalui fasilitas interface; operasi tersebut dilakukan berdasarkan project-by-project. Penggantian nama, pemindahan lokasi penyimpanan, ataupun penghapusan file yang dilakukan dari luar HEC-RAS (dilakukan langsung pada folder), biasanya akan menyebabkan kesulitan pada saat pemakaian HEC-RAS karena perubahan yang dilakukan dari luar HEC-RAS tersebut kemungkinan besar tidak dikenali oleh HEC-RAS. Oleh karena itu, operasi atau modifikasi file-file harus dilakukan melalui perintah dari dalam HEC-RAS.

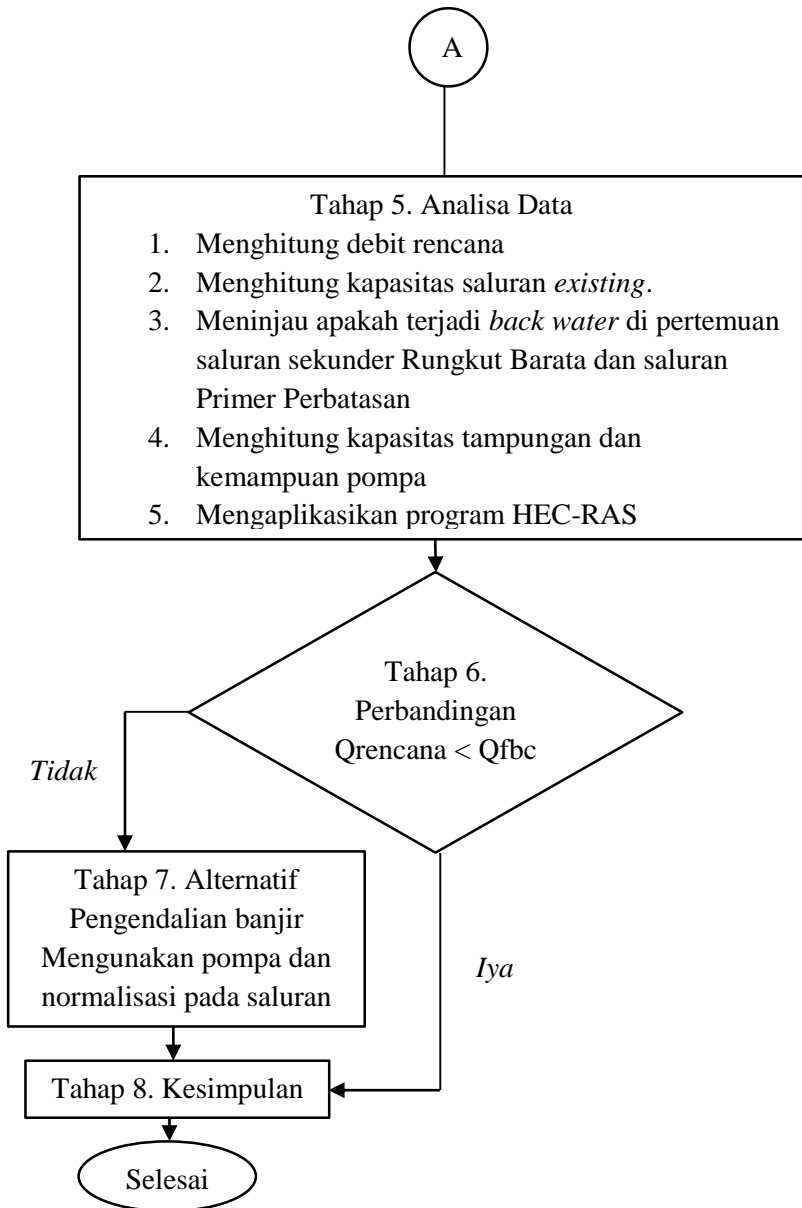
#### **3.2.12.4 Grafik Dan Pelaporan**

Fasilitas grafik yang disediakan oleh HEC-RAS mencakup grafik X-Y alur sungai, tampang lintang, rating curves, hidrograf, dan grafik-grafik lain yang merupakan plot X-Y berbagai variabel hidraulik. HEC-RAS menyediakan pula fitur plot 3D beberapa tampang lintang sekaligus. Hasil keluaran model dapat pula ditampilkan dalam bentuk tabel. Pemakai dapat memilih antara memakai tabel yang telah disediakan oleh HEC-RAS atau membuat/mengedit tabel sesuai kebutuhan. Grafik dan tabel dapat ditampilkan di layar, dicetak, atau dicopy ke clipboard untuk dimasukkan ke dalam program aplikasi lain (*word processor, spreadsheet*). Fasilitas pelaporan pada HEC-RAS dapat berupa pencetakan data masukan dan keluaran hasil pada printer atau plotter.

### 3.2.13 Diagram Alir Metodologi (Flow Chart)

Untuk alur penyusunan tugas akhir ini bisa di lihat pada diagram alir metodologi (flow Chart) di bawah :





## BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Analisis Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana pada umumnya direncanakan untuk pembuangan air secepatnya, agar tidak terjadi genangan air yang mengganggu. Pada perencanaan ini debit banjir rencana dihitung menggunakan metode Rasional, karena luas DAS < 2.5 km.

*Sumber : Triatmodjo, 2010:144*

#### 4.1.1 Analisis Curah Hujan

Data curah hujan yang digunakan berupa data hujan harian maksimum setiap tahun. Penentuan stasiun hujan yang berpengaruh terhadap lokasi dilakukan penggambaran dengan menggunakan metode *Polygon Thiessen*. Dari tiga stasiun hujan yang terdekat dengan lokasi studi diketahui hanya satu stasiun hujan yang berpengaruh, yaitu Stasiun Hujan Wonorejo.

Data curah hujan yang diperoleh dari Stasiun Hujan Wonorejo mulai tahun 2001 – 2015. Adapun data curah hujan harian maksimum dapat dilihat pada tabel 4.1. Untuk gambar Peta Pengaruh Stasiun Hujan dilihat pada gambar 4.1 dihalaman lampiran 1.

Tabel 4. 1 Curah Hujan Harian Maksimum.

Tanggal	Tahun	Stasiun Hujan Sta.Wonorejo
2 Maret	2001	200
30 Januari	2002	115
10 Maret	2003	76
5 Maret	2004	85
15 Desember	2005	90
4 Januari	2006	153
22 Mei	2007	71
20 Nopember	2008	68
9 Januari	2009	98
3 Desember	2010	98
9 Nopember	2011	94

Tabel 4.1 Curah Hujan Harian Maksimum (lanjutan).

Tanggal	Tahun	Stasiun Hujan Sta. Wonorejo
30 Januari	2012	95
23-Apr	2013	85
6 Desember	2014	100
12 Februari	2015	109

#### 4.1. 2 Perhitungan Parameter Dasar Statistik

Sebelum dilakukan perhitungan distribusi probabilitas dari data yang tersedia, dilakukan uji parameter statistik terlebih dahulu terhadap data yang ada, sebab masing-masing distribusi (Distribusi Normal, Distribusi Gumbel dan Distribusi Log Person Type III) memiliki sifat-sifat khas, sehingga setiap data hidrologi harus diuji kesesuaiannya dengan sifat statistiknya. Pemilihan distribusi yang tidak tepat dapat menyebabkan kesalahan perkiraan yang mungkin cukup besar baik *over estimate* maupun *under estimate* yang keduanya tidak diinginkan.

Adapun sifat-sifat parameter statistik dari masing-masing distribusi teoritis dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Parameter Statistika

Distribusi	Parameter Statistik	Syarat
Normal	Cs	0
	Ck	3
Gumbel	Cs	1,14
	Ck	5,4
Log Pearson Type III	Cs	bebas
	Ck	bebas

Setiap jenis distribusi atau sebaran mempunyai parameter statistik yang terdiri dari nilai-nilai :

$\bar{R} (\mu)$  = nilai rata-rata hitung (*mean*)

Sd ( $\sigma$ ) = deviasi standar (*standart deviation*)

Cv = koefisien variasi (*variation coefficient*)

Cs = koefisien kemencengan (*skewness coefficient*)

Ck = koefisien ketajaman (*kurtosis coefficient*)

Dimana setiap parameter statistik tersebut dicari berdasarkan rumus :

- Nilai rata-rata (*Mean*) :

$$\bar{R} = \frac{\sum R}{n}$$

- Deviasi standart (*Deviation Standart*) :

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (R - \bar{R})^2}{n-1}}$$

- Koefisien Variasi (*Variation Coefficient*) :

$$Cv = \frac{Sd}{\bar{R}}$$

- Koefisien Kemencengan (*Skewness Coefficient*) :

$$Cs = \frac{\sum (R - \bar{R})^3 n}{(n-1)(n-2)Sd^3}$$

- Koefisien Ketajaman (*Kurtosis Coefficient*) :

$$Ck = \frac{\sum (R - \bar{R})^4 n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)Sd^4}$$

Data yang digunakan untuk menghitung parameter statistik adalah data curah hujan harian maksimum tahunan dari Stasiun Hujan Wonorejo yang terdapat pada Tabel 4.1. Data curah hujan harian maksimum tersebut diurutkan dari yang terbesar sampai terkecil. Perhitungan parameter statistik data dapat dilihat pada tabel 4.3 dan 4.4.

Tabel 4. 3 Parameter statistik untuk Distribusi Gumbel dan Distribusi Normal.

Tahun	R	$R - \bar{R}$	$(R - \bar{R})^2$	$(R - \bar{R})^3$	$(R - \bar{R})^4$
1	200	97.53	9512.75	927810.33	90492434
2	153	50.53	2553.62	129042.82	6520964
3	115	12.53	157.08	1968.79	24675.52
4	109	6.53	42.68	278.87	1821.96
5	100	-2.47	6.08	-15.01	37.02
6	98	-4.47	19.95	-89.11	398.05
7	98	-4.47	19.95	-89.11	398.05
8	95	-7.47	55.75	-416.27	3108.19
9	94	-8.47	71.68	-606.93	5138.66
10	90	-12.47	155.42	-1937.54	24154.69

Tabel 4.3 Parameter statistik untuk Distribusi Gumbel dan Distribusi Normal (lanjutan).

Tahun	R	$R - \bar{R}$	$(R - \bar{R})^2$	$(R - \bar{R})^3$	$(R - \bar{R})^4$
11	85	-17.47	305.08	-5328.81	93076.52
12	85	-17.47	305.08	-5328.81	93076.52
13	76	-26.47	700.48	-18539.49	490678.46
14	71	-31.47	990.15	-31156.75	980399.22
15	68	-34.47	1187.95	-40944.71	1411227.84
$\Sigma$	1537	0	16083.73	954648.25	100141588

Perhitungan parameter statistik untuk data tersebut diatas adalah sebagai berikut :

$$\bar{R} = \frac{\Sigma R}{n} = \frac{1537}{15} = 102,47 \text{ mm}$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\Sigma(R-\bar{R})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{16083,73}{15-1}} = 33,89$$

$$Cv = \frac{Sd}{\bar{R}} = \frac{33,89}{102,47} = 0,33$$

$$Cs = \frac{\Sigma(R-\bar{R})^3 n}{(n-1)(n-2)Sd^3} = \frac{880778,41 \cdot 15}{(15-1)(15-2)33,08^3} = 2,24$$

$$Ck = \frac{\Sigma(R-\bar{R})^4 n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)Sd^4} = \frac{90089308,89 \cdot 15^2}{(15-1)(15-2)(15-3)33,08^4} = 7,81$$



Tabel 4. 4 Parameter statistik untuk Distribusi Log Pearson Type III

Tahun	R	log R	log R-log $\bar{R}$	$(\log R-\log \bar{R})^2$	$(\log R-\log \bar{R})^3$	$(\log R-\log \bar{R})^4$
1	200.00	2.301	0.30804	0.09489	0.029230	0.009004
2	153.00	2.185	0.19170	0.03675	0.007045	0.001351
3	115.00	2.061	0.06771	0.00458	0.000310	0.000021
4	109.00	2.037	0.04444	0.00197	0.000088	0.000004
5	100.00	2.000	0.00701	0.00005	0.000000	0.000000
6	98.00	1.991	-0.00176	0.00000	0.000000	0.000000
7	98.00	1.991	-0.00176	0.00000	0.000000	0.000000
8	95.00	1.978	-0.01526	0.00023	-0.000004	0.000000
9	94.00	1.973	-0.01986	0.00039	-0.000008	0.000000
10	90.00	1.954	-0.03874	0.00150	-0.000058	0.000002
11	85.00	1.929	-0.06357	0.00404	-0.000257	0.000016
12	85.00	1.929	-0.06357	0.00404	-0.000257	0.000016
13	76.00	1.881	-0.11217	0.01258	-0.001411	0.000158
14	71.00	1.851	-0.14173	0.02009	-0.002847	0.000403
15	68.00	1.833	-0.16048	0.02575	-0.004133	0.000663
Jumlah	29.895		0.00000	0.20689	0.027699	0.011640

Perhitungan parameter statistik data di atas adalah :

$$\overline{\text{Log}R} = \frac{\sum \text{Log} R}{n} = \frac{29,895}{15} = 1,993$$

$$\overline{Sd\text{Log}R} = \sqrt{\frac{\sum (\text{Log}R - \overline{\text{Log}R})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,20689}{15}} = 0,117$$

$$Cv = \frac{\overline{Sd\text{Log}R}}{\overline{\text{Log}R}} = \frac{0,117}{1,993} = 0,01$$

$$Cs = \frac{\sum (\text{Log}R - \overline{\text{Log}R})^3 . n}{(n-1)(n-2)(\overline{Sd\text{Log}R})^3} = \frac{0,027699 . 15}{(15-1)(15-2)(0,117)^3} = 1,27$$

$$Ck = \frac{\sum (R - \bar{R})^4 n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)Sd^4} = \frac{0,011640 . 15^2}{(15-1)(15-2)(15-3) 0,117^4} = 6,30$$

Hasil perhitungan awal parameter statistik dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Hasil Perhitungan Awal Parameter Statistik

Distribusi	Parameter Statistik	Syarat	Hasil	Keterangan
Normal	Cs	0	2,24	Tidak Diterima
	Ck	3	7,81	Tidak Diterima
Gumbel	Cs	1,1396	2,24	Tidak Diterima
	Ck	5,4002	7,81	Tidak Diterima
Log Pearson	Cs	bebas	1,27	Diterima
Type III	Ck	bebas	6,30	Diterima

Sesuai dengan hasil perhitungan awal parameter statistik di atas maka metode distribusi yang sesuai adalah : Metode Log Person Type III

#### 4.1. 3 Uji Distribusi Frekuensi

Untuk menentukan kecocokan (*the goodness of the fit test*) distribusi dari sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan/ mewakili distribusi frekuensi diperlukan pengujian parameter. Pengujian parameter yang akan disajikan adalah

- Chi-Kuadrat
- Smirnov-Kolmogorov

### a. Uji Chi- Kuadrat Metode Distribusi Log Pearson Type III

Parameter yang digunakan dalam pengambilan keputusan Chi-Kuadrat adalah  $\chi^2$ . Perhitungan parameter  $\chi^2$  disajikan sebagai berikut :

1. Perhitungan jumlah sub-group

Dik:

$$N = 15$$

$$G = 1 + 1,33 \ln N$$

$$G = 1 + 1,33 \ln 15$$

$$= 4,60 \approx 5 \text{ group}$$

2. Perhitungan interval/batasan pada setiap sub-group

Untuk menghitung interval/batasan setiap sub-group digunakan persamaan garis lurus berikut:

$$\text{Log}R = \overline{\text{Log}R} + K \cdot \overline{\text{SdLog}R}$$

Faktor frekuensi untuk distribusi Log Pearson Type III

(K) didapat dari Tabel nilai variabel reduksi Gauss.

Dari hasil perhitungan parameter statistik yang telah

dilakukan pada Tabel 4.5 untuk Distribusi Log Pearson

Type III diperoleh harga :

$$\overline{\text{Log}R} = 1,993$$

$$\overline{\text{SdLog}R} = 0,117$$

$$Cs = 1,27$$

Sehingga didapat persamaan sebagai berikut:

$$\text{Log}R = \overline{\text{Log}R} + K \cdot \overline{\text{SdLog}R}$$

$$\text{Log}R = 1,993 + K \cdot 0,117$$

- Untuk  $P = 0,80$  didapat  $K = -0,84$

$$\text{Log}R = 1,993 + (-0,84) \cdot 0,117 = 1,89$$

$$R = 78,40 \text{ mm}$$

- Untuk  $P = 0,60$  didapat  $K = -0,25$

$$\text{Log}R = 1,993 + (-0,25) \cdot 0,117 = 1,96$$

$$R = 91,97 \text{ mm}$$

- Untuk  $P = 0,40$  didapat  $K = 0,25$

$$\text{Log}R = 1,993 + (0,25) \cdot 0,117 = 2,02$$

$$R = 105,28 \text{ mm}$$

- Untuk  $P = 0,20$  didapat  $K = 0,84$

$$\text{LogR} = 1,993 + (0,84) \cdot 0,117 = 2,09$$

$$R = 123,49 \text{ mm}$$

- Setelah  $R$  di dapat, maka nilai  $R$  diposisikan sesuai dengan interval sub kelompok kemudian dilakukan pendataan  $O_i$  dan  $E_i$ . Hasil uji Chi-Kuadrat pada distribusi Log Pearson Type III dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Hasil Perhitungan Uji-Chi Kuadrat pada Distribusi Log Pearson Type III

No	Interval	Jumlah Data		$(O_i - E_i)^2$	$(O_i - E_i)^2 / E_i$
	Sub Kelompok	$O_i$	$E_i$		
1	$R \leq 78.40$	3	3	0	0
2	$78.40 < X \leq 91.97$	3	3	0	0
3	$91.97 < X \leq 105.28$	5	3	4	1.33
4	$105.28 < X \leq 123.49$	2	3	1	0.33
5	$R \geq 122.90$	2	3	1	0.33
<b>Jumlah</b>		15	15	$\chi^2$	2

Dari tabel di atas didapat  $\chi^2 = 2$  Dengan derajat kebebasan :  
 $dk = G - (R+1)$

dimana :

$$R = 2$$

$$G = 5$$

$$dk = 5 - (2+1) = 2$$

berdasarkan Tabel nilai kritis untuk uji Chi-Kuadrat, maka dengan  $\alpha = 5\%$  diperoleh nilai  $\chi^2 = 5,991$ . dari perhitungan didapat :  $\chi^2 > \chi^2_{\alpha} \rightarrow 5,991 > 2$

Sehingga Metode Distribusi Log Pearson Type III dapat digunakan.

#### **b. Uji Smirnov- Kolmogorov Metode Distribusi Log Pearson Type III**

Uji Smirnov- Kolmogorov dilakukan dengan maksud untuk menyaring metode distribusi yang lolos dari uji kesesuaian distribusi frekuensi dengan metode Chi- Kuadrat.

Prosedur perhitungan uji Smornov-Kolmogorov disajikan sebagai berikut:

$$\text{Log } \bar{R} = 1,993$$

$$\frac{\text{Log } \bar{R}}{\text{SdLogR}} = 0,117$$

$$P(X) = \frac{m}{n+1} = \frac{1}{15+1} = 0,063$$

$$P(X<) = 1 - P(X) = 1 - 0,063 = 0,938$$

$$F(t) = \frac{\text{Log R} - \text{Log } \bar{R}}{\text{SdLogR}} = \frac{1,833 - 1,993}{0,117} = -1,37$$

Berdasarkan tabel wilayah luas dibawah kurva normal dengan nilai  $F(t) = -1,37$ , maka diperoleh  $P'(X) = 0,0853$

$$P'(X<) = 1 - P'(X) = 1 - 0,0853 = 0,915$$

$$D = [P'(X<) - P(X<)] = 0,915 - 0,938 = -0,023$$

Perhitungan uji Smirnov-Kolmogorov distribusi Log Pearson Type III disajikan pada tabel 4.7.



Dari perhitungan di atas didapatkan  $D_{\text{maksimum}} = -0,012$ . Data pada peringkat (m) ke - 2, sedangkan harga  $D_0 = 0,34$  di dapatkan dari tabel Nilai Kritis untuk uji Smirnov-Kolmogorov, karena  $D_{\text{max}} < D_0 \rightarrow -0,012 < 0,34$ , maka uji Distribusi Log Pearson Type III dapat digunakan.

#### 4.1.4 Perhitungan Curah Hujan Rencana

Hujan rencana adalah curah hujan terbesar tahunan dengan peluang tertentu yang mungkin terjadi di suatu daerah. Dari hasil uji distribusi dan uji kecocokan yang dilakukan maka perhitungan curah hujan rencana menggunakan Metode Distribusi Log Pearson Type III. Perhitungan curah hujan rencana dilakukan pada periode ulang 2, 5, dan 10 tahun. Berdasarkan perhitungan Metode Distribusi Log Pearson Type III diperoleh nilai :

$$\overline{\text{Log} \bar{R}} = 1,993$$

$$\overline{\text{SdLog} \bar{R}} = 0,117$$

$$C_s = 1,27$$

##### • Untuk T = 2 Tahun

$$C_s = 1,2 \quad K = -0,195$$

$$C_s = 1,5 \quad K = -0,240$$

$$C_s = 1,27$$

$$K = -0,195 + \frac{1,27-1,2}{1,2-1,5} \times (-0,195 - (-0,240))$$

$$K = -0,205$$

$$\overline{\text{Log} \bar{R}} = \overline{\text{Log} \bar{R}} + (K \cdot \overline{\text{SdLog} \bar{R}})$$

$$\overline{\text{Log} \bar{R}} = 1,993 + (-0,205 \cdot 0,117)$$

$$\overline{\text{Log} \bar{R}} = 1,969$$

$$R_t = 10^{\overline{\text{Log} \bar{R}}}$$

$$R_t = 10^{1,969}$$

$$R_t = 93,076 \text{ mm}$$

##### • Untuk T = 5 Tahun

$$C_s = 1,2 \quad K = 0,732$$

$$C_s = 1,5 \quad K = 0,705$$

$$C_s = 1,27$$

$$K = 0,732 + \frac{1,27-1,2}{1,2-1,5} \times (0,732 - 0,705)$$

$$K = 0,726$$

$$\overline{\text{Log}R} = \text{Log}\bar{R} + (K \cdot Sd\text{Log}R)$$

$$\overline{\text{Log}R} = 1,993 + (0,726 \cdot 0,117)$$

$$\overline{\text{Log}R} = 2,076$$

$$R_t = 10^{\overline{\text{Log}R}}$$

$$R_t = 10^{2,076}$$

$$R_t = 119,731 \text{ mm}$$

• **Untuk T = 10 Tahun**

$$C_s = 1,2 \quad K = 1,31$$

$$C_s = 1,5 \quad K = 1,333$$

$$C_s = 1,27$$

$$K = 1,31 + \frac{1,27-1,2}{1,2-1,5} \times (1,31 - 1,333)$$

$$K = 1,315$$

$$\overline{\text{Log}R} = \text{Log}\bar{R} + (K \cdot Sd\text{Log}R)$$

$$\overline{\text{Log}R} = 1,993 + (1,135 \cdot 0,11)$$

$$\overline{\text{Log}R} = 2,144$$

$$R_t = 10^{\overline{\text{Log}R}}$$

$$R_t = 10^{2,144}$$

$$R_t = 140,203 \text{ mm}$$

Dari perhitungan di atas dapat dilihat pada tabel 4.8.

Tabel 4. 8 Perhitungan Curah Hujan Rencana

Periode Ulang	$\overline{\text{Lo} R}$	$C_s$	$K$	$S$	$\text{Log} R$	$R_t$
2	1.993	1.271	-0.206	0.117	1.969	93.076
5	1.993	1.271	0.726	0.117	2.078	119.731
10	1.993	1.271	1.309	0.117	2.147	140.203

#### 4.1. 5 Perhitungan Intensitas Curah Hujan ( I )

Dari peta sistem drainase dapat diketahui data dari setiap saluran. Dari hasil perhitungan curah hujan rencana dapat diketahui besarnya intensitas curah hujan periode ulang 2, 5, dan 10 tahun dengan menggunakan metode Mononobe seperti persamaan berikut:



$$I = \left[ \frac{R_{24}}{24} \right] \left[ \frac{24}{t_c} \right]^{2/3}$$

Dengan  $t_c = t_0 + t_f$

Dimana :

$$t_0 = 0,0195 \left[ \frac{L_0}{\sqrt{S}} \right]^{0,77}$$

$$t_f = \frac{L}{V}$$

$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2}$  (didapat dari hasil perhitungan kapasitas saluran)

Berikut perhitungan intensitas curah hujan dengan periode ulang 2, 5, dan 10 tahun pada saluran Tersier Rungkut Barata 1:

**Diketahui :**

Panjang Saluran (L) = 475 m

Beda Tinggi ( $\Delta H$ ) = 0.16 m

Miring Dasar Sal. ( $I_0$ ) =  $\frac{\Delta H}{L} = \frac{0,16}{475} = 0.0003$

Jarak titik terjauh DAS dengan inlet saluran  $L_0$

$L_0 = 463.2$  m

**Perhitungan waktu konsentrasi ( $t_c$ )**

$$t_0 = 0,0195 \left[ \frac{463.2}{\sqrt{0,0003}} \right]^{0,77} = 43.360 \text{ menit} = 0.789 \text{ jam}$$

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2} = \frac{1}{0.01} \times 0.188^{2/3} \times 0.0001^{1/2} = 0.397 \text{ m/det}$$

$$t_f = \frac{L}{V \cdot 3600} = \frac{475}{0.397 \cdot 3600} = 0.332 \text{ jam}$$

$$t_c = 0.789 + 0.332 = 1.121 \text{ jam}$$

**Intensitas curah hujan periode ulang 2 tahun**

$$R_{24} = 93.076 \text{ mm}$$

$$I = \left[ \frac{R_{24}}{24} \right] \left[ \frac{24}{t_c} \right]^{2/3} = \left[ \frac{93,076}{24} \right] \left[ \frac{24}{1.121} \right]^{2/3} = 29.896 \text{ mm/jam}$$

**Intensitas curah hujan periode ulang 5 tahun**

$$R_{24} = 119.731 \text{ mm}$$

$$I = \left[ \frac{R_{24}}{24} \right] \left[ \frac{24}{t_c} \right]^{2/3} = \left[ \frac{119,731}{24} \right] \left[ \frac{24}{1.121} \right]^{2/3} = 38.458 \text{ mm/jam}$$

Intensitas curah hujan periode ulang 10 tahun

$R_{24} = 140.203 \text{ mm}$

$$I = \left[ \frac{R_{24}}{24} \right] \left[ \frac{24}{t_c} \right]^{2/3} = \left[ \frac{140.203}{24} \right] \left[ \frac{24}{1.121} \right]^{2/3} = 45.033 \text{ mm/jam}$$

Untuk perhitungan intensitas curah hujan seluruh saluran Tersier dapat dilihat pada tabel 4.9.  
Tabel 4. 9 Perhitungan Intensitas Curah Hujan Saluran Tersier

Saluran Tersier	L.Sal m	A km2	Lo m	Io	to menit	to jam	tf jam	tc jam	Intensitas mm/jam 2tahun	Intensitas mm/jam 5tahun	Intensitas mm/jam 10tahun
Saluran Rungkut Barata 1	475	0.12	463	0.0003	47.360	0.789	0.332	1.121	29.896	38.458	45.033
Saluran Rungkut Barata 2	296	0.12	265	0.0002	42.336	0.706	0.179	0.885	35.015	45.042	52.743
Saluran Rungkut Barata 3	314	0.19	430	0.0002	54.297	0.905	0.219	1.124	29.847	38.394	44.959
Saluran Rungkut Menanggal 1	582	0.21	402	0.0004	41.174	0.686	0.229	0.915	34.228	44.030	51.558
Saluran Rungkut Menanggal 2	318	0.17	369	0.0002	53.099	0.885	0.199	1.084	30.578	39.335	46.061
Saluran Rungkut Menanggal 3	343	0.15	234	0.0001	47.833	0.797	0.197	0.994	32.388	41.663	48.787
Saluran Abdul Karim	679	0.16	448	0.0004	45.570	0.759	0.264	1.024	31.771	40.869	47.857
Saluran Rungkut Mapan 1	265	0.11	436	0.0005	40.527	0.675	0.109	0.784	37.952	48.820	57.167
Saluran Rungkut Mapan 2	263	0.14	462	0.0003	51.097	0.852	0.128	0.979	32.719	42.089	49.286

Untuk perhitungan intensitas curah hujan seluruh Sekunder dapat dilihat pada tabel 4.10. untuk gambar  
Peta skema titik kontrol dapat di lihat pada gambar 4.2 di halaman lampiran 2.

Tabel 4. 10 Tabel Perhitungan Intensitas Curah Hujan Saluran Sekunder

Saluran Sekunder	L Saluran m	A km <sup>2</sup>	to jam	tf jam	tc jam	Intensitas mm/jam		
						2tahun	5tahun	10tahun
Titik kontrol 1	475	0.12	0.789	0.3320	1.12	29.896	38.458	45.033
Titik kontrol 2	296	0.12	0.706	0.1791	0.88	30.614	39.381	46.114
	326	0.23	0.885	0.1975	1.08			
Titik kontrol 3	265	0.11	0.675	0.1085	0.78	29.121	37.461	43.866
	206	0.32	1.082	0.0843	1.17			
Titik kontrol 4	263	0.14	0.852	0.1278	0.98	28.232	36.317	42.526
	114	0.37	1.166	0.0555	1.22			
Titik kontrol 5	314	0.19	0.905	0.2192	1.12	25.637	32.979	38.617
	273	0.48	1.222	0.1902	1.41			
Titik kontrol 6	582	0.21	0.686	0.2291	0.92	34.228	44.030	51.558
Titik kontrol 7	318	0.17	0.885	0.1990	1.08	29.130	37.472	43.879
	401	0.31	0.915	0.2505	1.17			
Titik kontrol 8	706	0.79	1.412	0.4918	1.90	21.006	27.021	31.641
	706	0.79	1.166	0.4410	1.61			
Titik kontrol 9	343	0.15	0.797	0.1972	0.99	19.867	25.557	29.927
	289	0.95	1.904	0.1660	2.07			
Titik kontrol 10	307	1.21	2.070	0.1765	2.25	18.812	24.200	28.337

#### 4.1. 6 Koefisien Koefisien Pengaliran ( C )

Perhitungan koefisien pengaliran berdasarkan luas daerah tangkapan hujan dan tata guna lahan wilayah tersebut serta nilai koefisien pengaliran yang didapat dari Tabel 3.7

Nilai koefisien pengaliran ( C ) yang diambil untuk beberapa tata guna lahan sebagai berikut :

Pemukiman = 0.50

Taman = 0.18

Jasa & perdagangan = 0.85

Dari seluruh kawasan di DAS Saluran Sekunder Rungkut Barata dan Rungkut Menanggal nilai koefisien ( C ) menggunakan nilai = 0.50 karena hampir semua merupakan daerah pemukiman.

#### 4.1. 7 Perhitungan Debit Banjir Rencana

Dengan menggunakan metode Rasional perhitungan debit banjir rencana seperti persamaan berikut

$$Q = 0.278 \cdot C \cdot I_t \cdot A$$

Dari data yang telah diperoleh diatas maka dapat dihitung debit bajir rencananya.

Sebagai contoh perhitungan debit banjir rencana metode Rasional sebagai berikut :

Perhitungan debit banjir rencana Saluran Tersier Rungkut Barata 1  
Diketahui :

$$C = 0.5$$

$$I_2 = 29.896 \text{ mm/jam}$$

$$I_5 = 38.458 \text{ mm/jam}$$

$$I_{10} = 45.033 \text{ mm/jam}$$

$$A = 0.12 \text{ km}^2$$

Debit banjir rencana

$$Q = 0.278 \cdot C \cdot I_t \cdot A$$

$$Q_2 = 0.278 \cdot 0.5 \cdot 29.896 \cdot 0.12$$

$$Q_2 = 0.490 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$Q_5 = 0.278 \cdot 0.5 \cdot 38.458 \cdot 0.12$$

$$Q_5 = 0.630 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$Q_{10} = 0.278 \cdot 0.5 \cdot 45.033 \cdot 0.12$$

$$Q_{10} = 0.738 \text{ m}^3/\text{det}$$

Tabel 4. 11 Perhitungan Debit Banjir Rencana Saluran Tersier

Saluran Tersier	A			Intensitas mm/jam			C	Qrencana m3/det		
	m	km2	A	2tahun	5tahun	10tahun		2tahun	5tahun	10tahun
Saluran Rungkut Barata 1		0.12		29.896	38.458	45.033	0.5	0.490	0.630	0.738
Saluran Rungkut Barata 2		0.12		35.015	45.042	52.743	0.5	0.597	0.768	0.900
Saluran Rungkut Barata 3		0.19		29.847	38.394	44.959	0.5	0.789	1.015	1.189
Saluran Rungkut Menanggal 1		0.21		34.228	44.030	51.558	0.5	0.983	1.265	1.481
Saluran Rungkut Menanggal 2		0.17		30.578	39.335	46.061	0.5	0.737	0.948	1.111
Saluran Rungkut Menanggal 3		0.15		32.388	41.663	48.787	0.5	0.669	0.861	1.008
Saluran Abdul Karim		0.16		31.771	40.869	47.857	0.5	0.720	0.926	1.085
Saluran Rungkut Mapan 1		0.11		37.952	48.820	57.167	0.5	0.578	0.743	0.870
Saluran Rungkut Mapan 2		0.14		32.719	42.089	49.286	0.5	0.629	0.809	0.947

Tabel 4. 12 Tabel Perhitungan Debit Banjir Rencana Saluran Sekunder

Saluran Sekunder	L.Sal m	A		to jam	tf jam	tc jam	Intensitas mm/jam			C	Qrencana m3/det		
		m	km2				2tahun	5tahun	10tahun		2tahun	5tahun	10tahun
Titik kontrol 1	475	0.12	0.79	0.33	1.12	1.12	29.896	38.458	45.033	0.5	0.490	0.630	0.738
Titik kontrol 2	296	0.12	0.71	0.18	0.88								
Titik kontrol 3	326	0.23	0.88	0.20	1.08	1.08	30.614	39.381	46.114	0.5	0.998	1.284	1.504
	265	0.11	0.68	0.11	0.78								
	206	0.32	1.08	0.08	1.17	1.17	29.121	37.461	43.866	0.5	1.289	1.659	1.942

Tabel 4. 12 Perhitungan Debit Banjir Rencana Saluran Sekunder (lanjutan)

Saluran Sekunder	L.Sal m	A km2	to jam	tf jam	tc jam	Intensitas mm/jam		C		Qrencana m3/det		
						2tahun	5tahun	10tahun		2tahun	5tahun	10tahun
Titik kontrol 4	263	0.14	0.85	0.13	0.98	28.232	36.317	42.526	0.5	1.438	1.850	2.166
	114	0.37	1.17	0.06	1.22							
Titik kontrol 5	314	0.19	0.90	0.22	1.12	25.637	32.979	38.617	0.5	1.718	2.210	2.587
	273	0.48	1.22	0.19	1.41							
Titik kontrol 6	582	0.21	0.69	0.23	0.92	34.228	44.030	51.558	0.5	0.983	1.265	1.481
Titik kontrol 7	318	0.17	0.88	0.20	1.08	29.130	37.472	43.879	0.5	1.238	1.593	1.865
	401	0.31	0.92	0.25	1.17							
Titik kontrol 8	706	0.79	1.41	0.49	1.90	21.006	27.021	31.641	0.5	2.300	2.959	3.465
	706	0.79	1.17	0.44	1.61							
Titik kontrol 9	343	0.15	0.80	0.20	0.99	19.867	25.557	29.927	0.5	2.629	3.382	3.960
	289	0.95	1.90	0.17	2.07							
Titik kontrol 10	307	1.21	2.07	0.18	2.25	18.812	24.200	28.337	0.5	3.162	4.067	4.762

4.2 Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu

4.2.1 Analisis Curah Hujan

Untuk penentuan stasiun hujan yang berpengaruh terhadap lokasi dilakukan penggambaran dengan menggunakan metode *Polygon Thiessen*. Stasiun hujan yang berpengaruh pada DAS Primer Perbatasan yaitu Stasiun Hujan Kebonagung, Stasiun Hujan Wonorejo dan Stasiun Hujan Wonokromo.

Data curah hujan yang diperoleh dari Stasiun Hujan Kebonagung, Stasiun Hujan Wonorejo dan Stasiun Hujan Wonokromo mulai tahun 2001 – 2015. Adapun data curah hujan harian maksimum dapat dilihat pada tabel 4.13.

Tabel 4. 13 Curah Hujan Harian Maksimum

Tahun	Stasiun Hujan Sta.Wonorejo	Stasiun Hujan Sta.KebonAgung	Stasiun Hujan Sta.Wonokromo
2001	200	117	68
2002	115	105	113
2003	76	75	76
2004	85	92	92
2005	90	105	95
2006	153	98	100
2007	71	100	107
2008	68	85	81
2009	98	76	104
2010	98	109	110
2011	94	97	98
2012	95	114	106
2013	85	95	87
2014	100	89	83
2015	109	68	63

Untuk menghitung curah hujan harian maksimum rata-rata digunakan metode Polygon Thiessen karena ada tiga stasiun hujan yang berpengaruh pada catchment area yaitu Stasiun Hujan Kebonagung, Stasiun Hujan Wonorejo dan Stasiun Hujan Wonokromo

Untuk menghitung curah hujan harian maksimum rata-rata digunakan persamaan berikut:

$$\bar{R} = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_n R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

Perhitungan curah hujan harian maksimum rata-rata dapat dilihat pada tabel 4.14 :

Tabel 4. 14 Curah Hujan Harian Maksimum rata-rata.

Tahun	Wonorejo	KebonAgung	Wonokromo	CH Harian
	A = 0,08	A = 0,905	A = 0,014	Maksimum rata-rata
	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam
2001	200	117	68	122.97
2002	115	105	113	105.92
2003	76	75	76	75.09
2004	851	92	92	91.44
2005	90	105	95	103.65
2006	153	98	100	102.45
2007	71	100	107	97.77
2008	68	85	81	83.57
2009	98	76	104	78.17
2010	98	109	110	108.13
2011	94	97	98	96.77
2012	95	114	106	112.36
2013	85	95	87	94.08
2014	100	89	83	89.80
2015	109	68	63	71.23

Perhitungan Curah Hujan Harian Maksimum diatas adalah sebagai berikut:

Diketahui:

Tahun 2000

Sta. Wonokromo = 68 mm/jam;  $A_1 = 1,4\%$

Sta. Kebunagung = 117 mm/jam;  $A_2 = 90,5\%$

Sta. Wonorejo = 200 mm/jam;  $A_3 = 8 \%$

Curah Hujan Harian Maksimum

$$\bar{R} = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_n R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

$$\begin{aligned}\bar{R} &= \frac{0,014.68 + 0,905.117 + 0,08.200}{0,014 + 0,905 + 0,08} \\ &= 122,97 \text{ mm}\end{aligned}$$



#### 4.2. 2 Perhitungan Parameter Dasar Statistik

Sebelum dilakukan perhitungan distribusi probabilitas dari data yang tersedia, dilakukan uji parameter statistik terlebih dahulu terhadap data yang ada, sebab masing-masing distribusi (Distribusi Normal, Distribusi Gumbel dan Distribusi Log Person Type III) memiliki sifat-sifat khas, sehingga setiap data hidrologi harus diuji kesesuaiannya dengan sifat statistiknya. Pemilihan distribusi yang tidak tepat dapat menyebabkan kesalahan perkiraan yang mungkin cukup besar baik *over estimate* maupun *under estimate* yang keduanya tidak diinginkan.

Adapun sifat-sifat parameter statistik dari masing-masing distribusi teoritis dapat dilihat pada tabel 4.15.

Tabel 4. 15 Parameter Statistika.

Distribusi	Parameter Statistik	Syarat
Normal	Cs	0
	Ck	3
Gumbel	Cs	1,1396
	Ck	5,4002
Log Pearson Type III	Cs	bebas
	Ck	bebas

Setiap jenis distribusi atau sebaran mempunyai parameter statistik yang terdiri dari nilai-nilai :

$\bar{R} (\mu)$  : nilai rata-rata hitung (*mean*)

Sd ( $\sigma$ ) : deviasi standar (*standart deviation*)

Cv : koefisien variasi (*variation coefficient*)

Cs : koefisien kemencengan (*skewness coefficient*)

Ck : koefisien ketajaman (*kurtosis coefficient*)

Dimana setiap parameter statistik tersebut dicari berdasarkan rumus :

- Nilai rata-rata (*Mean*) :

$$\bar{R} = \frac{\sum R}{n}$$

- Deviasi standart (*Deviation Standart*) :

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum(R-\bar{R})^2}{n-1}}$$

- Koefisien Variasi (*Variation Coefficient*) :

$$Cv = \frac{Sd}{\bar{R}}$$

- Koefisien Kemencengan (*Skewness Coefficient*) :

$$Cs = \frac{\sum(R-\bar{R})^3 n}{(n-1)(n-2)Sd^3}$$

- Koefisien Ketajaman (*Kurtosis Coefficient*) :

$$Ck = \frac{\sum(R-\bar{R})^4 n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)Sd^4}$$

Data yang digunakan untuk menghitung parameter statistik adalah data curah hujan harian maksimum rata-rata tahunan dari Stasiun Hujan Wonokromo, Stasiun Hujan Kebonagung dan Stasiun Hujan Wonorejo yang terdapat pada Tabel 4.13 data curah hujan harian maksimum tersebut diurutkan dari yang terbesar sampai terkecil. Perhitungan parameter statistik data dapat dilihat pada tabel 4.16 dan tabel 4.17.

Tabel 4. 16 Parameter statistik untuk Distribusi Gumbel dan Distribusi Normal

Tahun	R	$R - \bar{R}$	$(R - \bar{R})^2$	$(R - \bar{R})^3$	$(R - \bar{R})^4$
1	122.97	27.41	751.47	20599.91	564703.5
2	112.36	16.8	282.1	4738.17	79581.94
3	108.13	12.57	157.98	1985.6	24956.84
4	105.92	10.36	107.31	1111.63	11515.4
5	103.65	8.09	65.43	529.28	4281.3
6	102.45	6.89	47.52	327.54	2257.83
7	97.77	2.21	4.87	10.75	23.72
8	96.77	1.21	1.47	1.78	2.16
9	94.08	-1.48	2.19	-3.24	4.8
10	91.44	-4.12	17	-70.12	289.15
11	89.8	-5.76	33.2	-191.27	1102.07
12	83.57	-11.99	143.66	-1721.82	20637.24
13	78.17	-17.39	302.34	-5257.17	91411.93
14	75.09	-20.47	418.84	-8571.89	175429.3
15	71.23	-24.33	592.13	-14408.8	350618.7
$\sum$	1433.41	0	2927.51	-919.61	1326816

Perhitungan parameter statistik untuk data tersebut diatas adalah sebagai berikut :

$$\bar{R} = \frac{\sum R}{n} = \frac{1433,41}{15} = 95,56$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum(R-\bar{R})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{2927,51}{15-1}} = 14,46$$

$$Cv = \frac{Sd}{\bar{R}} = \frac{14,46}{1433,41} = 0,15$$

$$Cs = \frac{\sum(R-\bar{R})^3 n}{(n-1)(n-2)Sd^3} = \frac{-919,61 \cdot 15}{(15-1)(15-2)14,46^3} = -0,02$$

$$Ck = \frac{\sum(R-\bar{R})^4 n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)Sd^4}$$

$$= \frac{1326816 \cdot 15^2}{(15-1)(15-2)(15-3)14,46^4} = 3,12$$

Tabel 4. 17 Parameter statistik untuk Distribusi Log Pearson Type III.

Tahun	R	log R	log R-log $\bar{R}$	(log R-log $\bar{R}$ ) <sup>2</sup>	(log R-log $\bar{R}$ ) <sup>3</sup>	(log R-log $\bar{R}$ ) <sup>4</sup>
1	122.97	2.090	0.11430	0.01306	0.001493	0.000171
2	112.36	2.051	0.07509	0.00564	0.000423	0.000032
3	108.13	2.034	0.05843	0.00341	0.000200	0.000012
4	105.92	2.025	0.04947	0.00245	0.000121	0.000006
5	103.65	2.016	0.04006	0.00160	0.000064	0.000003
6	102.45	2.011	0.03502	0.00123	0.000043	0.000002
7	97.77	1.990	0.01468	0.00022	0.000003	0.000000
8	96.77	1.986	0.01024	0.00010	0.000001	0.000000
9	94.08	1.973	-0.00201	0.00000	0.000000	0.000000
10	91.44	1.961	-0.01439	0.00021	-0.000003	0.000000
11	89.80	1.953	-0.02224	0.00049	-0.000011	0.000000
12	83.57	1.922	-0.05343	0.00286	-0.000153	0.000008
13	78.17	1.893	-0.08246	0.00680	-0.000561	0.000046
14	75.09	1.876	-0.09990	0.00998	-0.000997	0.000100
15	71.23	1.853	-0.12287	0.01510	-0.001855	0.000228
Jumlah		29.633	0.00000	0.06315	-0.001230	0.000606

Perhitungan parameter statistik data di atas adalah :

$$\overline{\text{Log}R} = \frac{\sum \text{Log} R}{n} = \frac{29.633}{15} = 1,976$$

$$\overline{\text{SdLog}R} = \sqrt{\frac{\sum (\text{Log}R - \overline{\text{Log}R})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0.06315}{15}} = 0,06$$

$$Cv = \frac{\overline{\text{SdLog}R}}{\overline{\text{Log}R}} = \frac{0,06}{1,976} = 0,004$$

$$Cs = \frac{\sum (\text{Log}R - \overline{\text{Log}R})^3 . n}{(n-1)(n-2)(\overline{\text{SdLog}R})^3} = \frac{-0.001230 . 15}{(15-1)(15-2)(0,06)^3} = -0.335$$

$$Ck = \frac{\sum (R - \bar{R})^4 n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)\overline{\text{Sd}}^4} = \frac{0.000606 . 15^2}{(15-1)(15-2)(15-3) 0,06^4} = 3,52$$

Hasil perhitungan awal parameter statistik dapat dilihat pada tabel 4.18.

Tabel 4. 18 Hasil Perhitungan Awal Parameter Statistik

Distribusi	Parameter Statistik	Syarat	Hasil	Keterangan
Normal	Cs	0	-0,02	Tidak Diterima
	Ck	3	3,12	Tidak Diterima
Gumbel	Cs	1,1396	-0,02	Tidak Diterima
	Ck	5,4002	3,12	Tidak Diterima
Log Pearson	Cs	bebas	-0,335	Diterima
Type III	Ck	bebas	3,52	Diterima

### 4.2. 3 Uji Distribusi Frekuensi

Untuk menentukan kecocokan (*the goodness of the fit test*) distribusi dari sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan/ mewakili distribusi frekuensi diperlukan pengujian parameter. Pengujian parameter yang akan disajikan adalah

- Chi-Kuadrat
- Smirnov-Kolmogorov

### a. Uji Chi- Kuadrat Metode Distribusi Log Pearson Type III

Parameter yang digunakan dalam pengambilan keputusan Chi-Kuadrat adalah  $\chi^2$ . Perhitungan parameter  $\chi^2$  disajikan sebagai berikut :

1. Perhitungan jumlah sub-group

Diketahui :

$$N = 15$$

$$G = 1 + 1,33 \ln N$$

$$G = 1 + 1,33 \ln 15$$

$$= 4,60 \approx 5 \text{ group}$$

2. Perhitungan interval/batasan pada setiap sub-group

Untuk menghitung interval/batasan setiap sub-group digunakan persamaan garis lurus berikut:

$$\text{Log}R = \overline{\text{Log}R} + K \cdot \text{SdLog}R$$

Faktor frekuensi untuk distribusi Log Pearson Type III (K) didapat dari Tabel nilai variabel reduksi Gauss.

Dari hasil perhitungan parameter statistik yang telah dilakukan pada Tabel 4.5 untuk Distribusi Log Pearson Type III diperoleh harga :

$$\overline{\text{Log}R} = 1,976$$

$$\text{SdLog}R = 0,06$$

$$Cs = -0,335$$

Sehingga didapat persamaan sebagai berikut:

$$\text{Log}R = \overline{\text{Log}R} + K \cdot \text{SdLog}R$$

$$\text{Log}R = 1,976 + K \cdot 0,06$$

- Untuk  $P = 0,20$  didapat  $K = 0,84$

$$\text{Log}R = 1,976 + (0,84) \cdot 0,06 = 2,03$$

$$R = 107,16 \text{ mm}$$

- Untuk  $P = 0,40$  didapat  $K = 0,25$

$$\text{Log}R = 1,967 + (0,25) \cdot 0,06 = 1,99$$

$$R = 98,11 \text{ mm}$$

- Untuk  $P = 0,60$  didapat  $K = -0,25$

$$\text{Log}R = 1,967 + (-0,25) \cdot 0,06 = 1,95$$

$$R = 91,05 \text{ mm}$$

- Untuk  $P = 0,80$  didapat  $K = -0,84$

$$\text{LogR} = 1,967 + (-0,84) \cdot 0,06 = 1,92$$

$$R = 83,37 \text{ mm}$$

- Setelah  $R$  di dapat, maka nilai  $R$  diposisikan sesuai dengan interval sub kelompok kemudian dilakukan pendataan  $O_i$  dan  $E_i$ . Hasil uji Chi-Kuadrat pada distribusi Log Pearson Type III dapat dilihat pada tabel 4.19.

Tabel 4. 19 Hasil Perhitungan Uji-Chi Kuadrat pada Distribusi Log Pearson Type III

No	Interval	Jumlah Data		$(O_i - E_i)^2$	$(O_i - E_i)^2 / E_i$
	Sub Kelompok	$O_i$	$E_i$		
1	$R \leq 83,37$	3	3	0	0
2	$83,37 < X \leq 91,05$	2	3	1	0.33
3	$91,05 < X \leq 98,11$	4	3	1	0.33
4	$98,11 < X \leq 107,16$	3	3	0	0
5	$R \geq 107,16$	3	3	0	0
<b>Jumlah</b>		15	15	$\chi^2$	0.67

Dari tabel di atas didapat  $\chi^2 = 0,67$  Dengan derajat kebebasan :

$$dk = G - (R+1)$$

dimana :

$$R = 2$$

$$G = 5$$

$$dk = 5 - (2+1) = 2$$

berdasarkan Tabel nilai kritis untuk uji Chi-Kuadrat, maka dengan  $\alpha = 5\%$  diperoleh nilai  $\chi^2 = 5,991$  . dari perhitungan didapat :  $\chi^2 > \chi^2_{\alpha} \rightarrow 5,991 > 0,67$

Sehingga Metode Distribusi Log Pearson Type III dapat digunakan.

#### b. Uji Smirnov- Kolmogorov Metode Distribusi Log Pearson Type III

Uji Smirnov- Kolmogorov dilakukan dengan maksud untuk menyaring metode distribusi yang lolos dari uji

kesesuaian distribusi frekuensi dengan metode Chi- Kuadrat. Prosedur perhitungan uji Smornov-Kolmogorov disajikan sebagai berikut:

$$\text{Log } \bar{R} = 1,967$$

$$\frac{\text{SdLogR}}{\text{SdLogR}} = 0,06$$

$$P(X) = \frac{m}{n+1} = \frac{1}{15+1} = 0,063$$

$$P(X<) = 1 - P(X) = 1 - 0,063 = 0,938$$

$$F(t) = \frac{\text{Log R} - \overline{\text{Log R}}}{\text{SdLogR}} = \frac{1,853 - 1,967}{0,063} = -1,89$$

Berdasarkan tabel wilayah luas dibawah kurva normal dengan nilai  $F(t) = -1,89$ , maka diperoleh  $P'(X) = 0,0294$

$$P'(X<) = 1 - P'(X) = 1 - 0,0294 = 0,971$$

$$D = [P'(X<) - P(X<)] = 0,971 - 0,938 = 0,033$$

Perhitungan uji Smirnov-Kolmogorov distribusi Log Pearson Type III disajikan pada tabel 4.20.



Tabel 4. 20 Hasil Perhitungan Uji Smirnov- Kolmogorov Metode Distribusi Log Pearson Type III.

m	R	Log R	$P(X)$	$4 = (m/(n+1))$	$P(X<)$	$F(t)$	$P(X)$	$8 = (1-kol.7)$	$P(X<)$	D
1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1	71.23	1.853	0.063	0.938	-1.89	0.029	0.971	0.033		
2	75.09	1.876	0.125	0.875	-1.54	0.062	0.938	0.063		
3	78.17	1.893	0.188	0.813	-1.27	0.102	0.898	0.086		
4	83.57	1.922	0.250	0.750	-0.82	0.206	0.794	0.044		
5	89.80	1.953	0.313	0.688	-0.34	0.367	0.633	-0.054		
6	91.44	1.961	0.375	0.625	-0.22	0.413	0.587	-0.038		
7	94.08	1.973	0.438	0.563	-0.03	0.488	0.512	-0.051		
8	96.77	1.986	0.500	0.500	0.16	0.564	0.436	-0.064		
9	97.77	1.990	0.563	0.438	0.23	0.591	0.409	-0.029		
10	102.45	2.011	0.625	0.375	0.54	0.705	0.295	-0.080		
11	103.65	2.016	0.688	0.313	0.62	0.732	0.268	-0.045		
12	105.92	2.025	0.750	0.250	0.76	0.776	0.224	-0.026		
13	108.13	2.034	0.813	0.188	0.90	0.816	0.184	-0.003		
14	112.36	2.051	0.875	0.125	1.16	0.877	0.123	-0.002		
15	122.97	2.090	0.938	0.063	1.76	0.961	0.039	-0.023		
Dmax										0.086

Dari perhitungan di atas didapatkan  $D_{\text{maksimum}} = 0,086$ . Data pada peringkat (m) ke - 3, sedangkan harga  $D_0 = 0,34$  di dapatkan dari tabel Nilai Kritis untuk uji Smirnov-Kolmogorov, karena  $D_{\text{max}} < D_0 \rightarrow 0,086 < 0,34$ , maka uji Distribusi Log Pearson Type III dapat digunakan.

#### 4.2. 4 Perhitungan Curah Hujan Rencana

Hujan rencana adalah curah hujan terbesar tahunan dengan peluang tertentu yang mungkin terjadi di suatu daerah. Dari hasil uji distribusi dan uji kecocokan yang dilakukan maka perhitungan curah hujan rencana menggunakan Metode Distribusi Log Pearson Type III. Perhitungan curah hujan rencana dilakukan pada periode ulang 2, 5, dan 10 tahun. Berdasarkan perhitungan Metode Distribusi Log Pearson Type III diperoleh nilai :

$$\overline{\text{Log}R} = 1,967$$

$$\overline{\text{SdLog}R} = 0,06$$

$$C_s = -0,335$$

##### • Untuk T = 2 Tahun

$$C_s = -0,4 \quad K = -0,066$$

$$C_s = -0,3 \quad K = -0,060$$

$$C_s = -0,335$$

$$K = -0,066 + \frac{-0,335 - (-0,4)}{-0,4 - (-0,3)} \times (-0,066 - (-0,060))$$

$$K = 0,062$$

$$\overline{\text{Log}R} = \text{Log}\bar{R} + (K \cdot \text{SdLog}R)$$

$$\overline{\text{Log}R} = 1,967 + (0,062 \cdot 0,06)$$

$$\overline{\text{Log}R} = 1,980$$

$$R_t = 10^{\overline{\text{Log}R}}$$

$$R_t = 10^{1,980}$$

$$R_t = 95,398 \text{ mm}$$

##### • Untuk T = 5 Tahun

$$C_s = -0,4 \quad K = 0,855$$

$$C_s = -0,3 \quad K = 0,853$$

$$C_s = -0,335$$

$$K = 0,855 + \frac{-0,335 - (-0,4)}{-0,4 - (-1,3)} \times (0,855 - 0,853)$$

$$K = 0,854$$

$$\overline{\text{Log}R} = \text{Log}\bar{R} + (K \cdot Sd\text{Log}R)$$

$$\overline{\text{Log}R} = 1,967 + (0,854 \cdot 0,06)$$

$$\overline{\text{Log}R} = 2,031$$

$$R_t = 10^{\overline{\text{Log}R}}$$

$$R_t = 10^{2,031}$$

$$R_t = 107,305 \text{ mm}$$

• Untuk T = 10 Tahun

$$C_s = -0,4 \quad K = 1,231$$

$$C_s = -0,3 \quad K = 1,245$$

$$C_s = -0,335$$

$$K = 1,231 + \frac{-0,335 - (-0,4)}{-0,4 - (-0,3)} \times (1,231 - 1,245)$$

$$K = 1,240$$

$$\overline{\text{Log}R} = \text{Log}\bar{R} + (K \cdot Sd\text{Log}R)$$

$$\overline{\text{Log}R} = 1,967 + (1,024 \cdot 0,06)$$

$$\overline{\text{Log}R} = 2,056$$

$$R_t = 10^{\overline{\text{Log}R}}$$

$$R_t = 10^{2,056}$$

$$R_t = 113,757 \text{ mm}$$

Dari perhitungan di atas dapat dilihat pada tabel 4.21.

Tabel 4. 21 Perhitungan Curah Hujan Rencana.

Periode Ulang	Log $\bar{R}$	Cs	K	S	Log R	Rt
2	1.976	-0.335	0.062	0.065	1.980	95.398
5	1.976	-0.335	0.854	0.065	2.031	107.375
10	1.976	-0.335	1.240	0.065	2.056	113.757

#### 4.2. 5 Perhitungan Intensitas Hujan Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu

Dalam perhitungan intensitas digunakan rumus mononobe sebagai berikut:

$$I = \frac{R_{24}}{t} \left( \frac{t}{t_c} \right)^{2/3}$$

Dengan anggapan  $t = 4$  jam. Adapun rasio atau prosentase intensitas hujan dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$R_t = (t \times R_t) - ((t-1) \times R_t)$$

Tabel 4. 22 Hasil perhitungan rasio atau prosentase intensitas hujan

T	t jam	Rt mm	Rasio Distribusi
4	1	0.630	0.630
4	2	0.397	0.164
4	3	0.303	0.115
4	4	0.250	0.091
$\Sigma =$			1.000

#### 4.2. 6 Perhitungan Tinggi Hujan Efektif DAS Saluran Primer Perbatasan

Besarnya curah hujan efektif dinyatakan dalam rumus :

$$R_{eff} = C \cdot R_t$$

Maka besarnya curah hujan efektif dinyatakan dari perhitungan sebagai berikut :

Diketahui :

- Koefisien pengaliran ( C ) = 0,4
- Curah hujan rencana (Rt) = 113,757 mm (untuk periode ulang 10 tahun)

Maka curah hujan efektif adalah :

$$R_{eff} = C \cdot R_t$$

$$R_{eff} = 0,4 \cdot 113,757 = 45,50 \text{ mm}$$

Perhitungan tinggi curah hujan efektif masing – masing periode , untuk selanjutnya dapat dicari dan dilihat dalam tabel 4.23.

Tabel 4. 23 Tinggi Curah Hujan Efektif Untuk Curah Hujan Rencana Dengan Periode Ulang (T) Tahun Metode Log Pearson Type III DAS Sal. Primer Perbatasan

Periode Ulang	Rt	C	R <sub>eff</sub>
2	95.40	0.40	38.16
5	107.37	0.40	42.95
10	113.76	0.40	45.50

#### 4.2. 7 Hujan Jam-jam an

Waktu hujan jam ke-1

Periode ulang 2 tahun R<sub>24</sub> = 38,16 mm

Rasio ( $R_t$ ) = 0,630

Hujan Jam-jam an =  $R_t \cdot R_{24} = 0,630 \cdot 38,16 = 24,04$  mm

Untuk perhitungan selanjutnya bisa dilihat pada tabel 4.24.

Tabel 4. 24 Distribusi Curah Hujan Rencana Efektif per Jam DAS Sal. Primer Perbatasan

t (jam)	$R_t$ (%)	Hujan Jam-jam an		
		2th	5th	10th
1	0.630	24.04	27.06	28.66
2	0.164	6.25	7.03	7.45
3	0.115	4.38	4.93	5.23
4	0.091	3.49	3.93	4.16

#### 4.2. 8 Perhitungan Debit Banjir Metode Nakayasu Saluran Primer Perbatasan

Data :

- Panjang sungai ( $L$ ) = 13,74 km
  - Luas DAS = 40,67 km<sup>2</sup>
  - $C$  = 0,4
  - Hujan Satuan ( $R_0$ ) = 1 mm
  - $\alpha$  = 2 (daerah pengaliran biasa )
1. Tenggan waktu antara mulai hujan sampai debit puncak (tg) dikarenakan  $L < 15$  km, maka :
 
$$T_g = 0,21 \cdot L^{0,7}$$

$$= 0,21 \cdot 13,74^{0,7}$$

$$= 1,32$$
  2. Satuan waktu hujan (tr) karena  $0 < tr < 1$ , maka diasumsikan  $tr = 0,75tg$ 

$$Tr = 0,75 \cdot tg$$

$$= 0,75 \cdot 1,32$$

$$= 0,99$$
  3. Waktu awal hujan sampai puncak banjir
 
$$Tp = T_g \cdot 0,8Tr$$

$$= 1,32 + 0,8 \cdot 0,99$$

$$= 2,10$$
  4. Penurunan debit puncak menjadi 30 % ( $T_{0,3}$ )
 
$$T_{0,3} = \alpha \cdot T_g$$

$$= 2 \cdot 1,32$$

$$= 2,63$$

5. Debit puncak (Qp)

$$\begin{aligned} Q_p &= C.A.R/(3,6(0,3T_p+0,3)) \\ &= 0,4.40,67.1/(3,6(2,63+0,3)) \\ &= 1,39 \text{ m}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

Syarat untuk persamaan lengkung hidrograf Nakayasu :

- Untuk lengkung naik :

$$0 < t < T_p$$

$$0 < t < 2,10$$

- Untuk lengkung turun tahap I :

$$T_p < t < T_p + T_{0.3}$$

$$2,10 < t < 2,10 + 2,63$$

$$2,10 < t < 4,73$$

- Untuk lengkung turun tahap II :

$$T_p + T_{0.3} < t < T_p + T_{0.3} + 1,5 T_{0.3}$$

$$4,73 < t < 2,10 + 2,63 \cdot (1,5 \cdot 2,63)$$

$$4,73 < t < 8,675$$

- Untuk lengkung turun tahap III :

$$t > T_p + T_{0.3} + 1,5 T_{0.3}$$

$$t > 8,675$$

Untuk perhitungan lengkung hidrograf bisa dilihat pada tabel 4.25.

Tabel 4. 25 Kurva Lengkung Naik ( $0 < t < T_p$ ) Debit Banjir

Nakayasu Saluran Primer

<b>t (jam)</b>	<b>t/Tp</b>	<b>(t/Tp)<sup>2.4</sup></b>	<b>Qt (m<sup>3</sup>/det)</b>
0	0	0.000	0.00
0.5	0.24	0.032	0.04
1	0.48	0.168	0.23
1.5	0.71	0.444	0.61
2	0.95	0.885	1.23

Tabel 4. 26 Kurva Lengkung Turun Tahap I ( $T_p < t < T_p + T_{0.3}$ ) Debit Banjir Nakayasu Saluran Primer

<b>t (jam)</b>	<b>t-T<sub>p</sub></b>	<b>t-T<sub>p</sub>/T<sub>0.3</sub></b>	<b>Qt (m<sup>3</sup>/det)</b>
2.5	0.40	1.7	0.88
3	0.90	2.2	0.74
3.5	1.40	2.7	0.63
4	1.90	3.2	0.53
4.5	2.40	3.7	0.45

Tabel 4. 27 Kurva Lengkung Turun Tahap II ( $T_p + T_{0.3} < t < T_p + T_{0.3} + 1.5 T_{0.3}$ ) Debit Banjir Nakayasu Saluran Primer.

<b>t (jam)</b>	<b>(t-T<sub>p</sub>)+(0,5T<sub>0.3</sub>)</b>	<b>(t-T<sub>p</sub>)+(0,5T<sub>0.3</sub>)/(1,5T<sub>0.3</sub>)</b>	<b>Qt (m<sup>3</sup>/det)</b>
5	4.211	1.0671	0.39
5.5	4.711	1.1939	0.35
6	5.211	1.3206	0.31
6.5	5.711	1.4473	0.28
7	6.211	1.5740	0.25
7.5	6.711	1.7007	0.22
8	7.211	1.8274	0.20
8.5	7.711	1.9541	0.18

Tabel 4. 28 Kurva Lengkung Turun Tahap III ( $t > T_p + T_{0.3} + 1.5 T_{0.3}$ ) Debit Banjir Nakayasu Saluran Primer

<b>t (jam)</b>	<b>(t-T<sub>p</sub>)+(1,5T<sub>0.3</sub>)</b>	<b>(t-T<sub>p</sub>)+(1,5T<sub>0.3</sub>)/(2T<sub>0.3</sub>)</b>	<b>Qt (m<sup>3</sup>/det)</b>
9	10.841	2.061	0.16
10	11.841	2.251	0.14
10.5	12.341	2.346	0.13
11	12.841	2.441	0.12
11.5	13.341	2.536	0.11
12	13.841	2.631	0.10
12.5	14.341	2.726	0.09
13	14.841	2.821	0.08
13.5	15.341	2.916	0.08
14	15.841	3.011	0.07

Tabel 4. 28 Kurva Lengkung Turun Tahap III ( $t > T_p + T_{0.3} + 1.5 T_{0.3}$ )  
Debit Banjir Nakayasu Saluran Primer (lanjutan)

$t$ (jam)	$(t - T_p) + (1.5 T_{0.3})$	$(t - T_p) + (1.5 T_{0.3}) / (2 T_{0.3})$	$Q_t$ (m <sup>3</sup> /det)
14.5	16.341	3.106	0.07
15	16.841	3.201	0.06
15.5	17.341	3.296	0.06
16	17.841	3.391	0.05
16.5	18.341	3.486	0.05
17	18.841	3.581	0.04
17.5	19.341	3.676	0.04
18	19.841	3.771	0.04
18.5	20.341	3.866	0.03
19	20.841	3.961	0.03
19.5	21.341	4.056	0.03
20	21.841	4.151	0.03
20.5	22.341	4.246	0.02
21	22.841	4.342	0.02
21.5	23.341	4.437	0.02
22	23.841	4.532	0.02
22.5	24.341	4.627	0.02
23	24.841	4.722	0.02
23.5	25.341	4.817	0.01
24	25.841	4.912	0.01

Setelah didapat nilai  $Q_t$ , besar hidrograf banjir metode Nakayasu bisa dihitung dengan mengkalikan besar  $Q_t$  dengan curah hujan efektif jam-jam an yang telah didapatkan dalam perhitungan distribusi curah hujan rencana efektif per jam metode Mononobe. Perhitungan selengkapanya dapat dilihat pada tabel 4.29.



Tabel 4. 29 Hidrograf Banjir Q<sub>2</sub> Sal. Primer Perbatasan.

t (jam)	Qt (m <sup>3</sup> /det)	R1	R2	R3	R4	Q2
		24.04	6.25	4.38	3.49	
0	0	0				0
0.5	0.03	0.79	0			0.79
1	0.17	4.19	0.21	0		4.39
1.5	0.46	11.08	1.09	0.14	0	12.31
2	0.92	22.1	2.88	0.76	0.12	25.86
2.5	0.84	20.17	5.74	2.02	0.61	28.55
3	0.67	16.16	5.24	4.03	1.61	27.05
3.5	0.54	12.95	4.2	3.68	3.21	24.04
4	0.43	10.38	3.37	2.95	2.93	19.62
4.5	0.35	8.31	2.7	2.36	2.35	15.72
5	0.29	6.93	2.16	1.89	1.88	12.86
5.5	0.25	5.98	1.8	1.52	1.51	10.8
6	0.21	5.16	1.55	1.26	1.21	9.18
6.5	0.19	4.45	1.34	1.09	1.01	7.88
7	0.16	3.84	1.16	0.94	0.87	6.8
7.5	0.14	3.31	1	0.81	0.75	5.87
8	0.12	2.86	0.86	0.7	0.65	5.06
8.5	0.1	2.46	0.74	0.6	0.56	4.37
9	0.09	2.18	0.64	0.52	0.48	3.82
10	0.07	1.74	0.57	0.45	0.41	3.17
10.5	0.06	1.56	0.45	0.4	0.36	2.77
11	0.06	1.4	0.41	0.32	0.32	2.44
11.5	0.05	1.25	0.36	0.28	0.25	2.15
12	0.05	1.12	0.32	0.25	0.23	1.93
12.5	0.04	1	0.29	0.23	0.2	1.72
13	0.04	0.9	0.26	0.2	0.18	1.54
13.5	0.03	0.8	0.23	0.18	0.16	1.38
14	0.03	0.72	0.21	0.16	0.15	1.24
14.5	0.03	0.64	0.19	0.15	0.13	1.11
15	0.02	0.58	0.17	0.13	0.12	0.99

Tabel 4. 29 Hidrograf Banjir  $Q_2$  Sal. Primer Perbatasan (lanjutan)

<b>t</b> <b>(jam)</b>	<b>Qt</b> <b>(m<sup>3</sup>/det)</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>R4</b>	<b>Q2</b>
		24.04	6.25	4.38	3.49	
15.5	0.02	0.52	0.15	0.12	0.1	0.89
16	0.02	0.46	0.13	0.1	0.09	0.79
16.5	0.02	0.41	0.12	0.09	0.08	0.71
17	0.02	0.37	0.11	0.08	0.07	0.64
17.5	0.01	0.33	0.1	0.08	0.07	0.57
18	0.01	0.3	0.09	0.07	0.06	0.51
18.5	0.01	0.27	0.08	0.06	0.05	0.46
19	0.01	0.24	0.07	0.05	0.05	0.41
19.5	0.01	0.21	0.06	0.05	0.04	0.37
20	0.01	0.19	0.06	0.04	0.04	0.33
20.5	0.01	0.17	0.05	0.04	0.03	0.29
21	0.01	0.15	0.04	0.03	0.03	0.26
21.5	0.01	0.14	0.04	0.03	0.03	0.23
22	0.01	0.12	0.04	0.03	0.02	0.21
22.5	0	0.11	0.03	0.02	0.02	0.19
23	0	0.1	0.03	0.02	0.02	0.17
23.5	0	0.09	0.03	0.02	0.02	0.15
24	0	0.08	0.02	0.02	0.02	0.13

Tabel 4. 30 Hidrograf Banjir  $Q_5$  Sal. Primer Perbatasan.

<b>t</b> <b>(jam)</b>	<b>Qt</b> <b>(m<sup>3</sup>/det)</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>R4</b>	<b>Q5</b>
		27.06	7.03	4.93	3.93	
0	0	0				0
0.5	0.03	0.89	0			0.89
1	0.17	4.71	0.23	0		4.95
1.5	0.46	12.47	1.23	0.16	0	13.86
2	0.92	24.88	3.24	0.86	0.13	29.11
2.5	0.84	22.71	6.47	2.27	0.68	32.13
3	0.67	18.19	5.9	4.54	1.81	30.44
3.5	0.54	14.58	4.73	4.14	3.61	27.06

Tabel 4. 30 Hidrograf Banjir Q<sub>5</sub> Sal. Primer Perbatasan (lanjutan)

<b>t</b> <b>(jam)</b>	<b>Qt</b> <b>(m<sup>3</sup>/det)</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>R4</b>	<b>Q5</b>
		27.06	7.03	4.93	3.93	
4	0.43	11.68	3.79	3.32	3.3	22.08
4.5	0.35	9.36	3.04	2.66	2.64	17.69
5	0.29	7.8	2.43	2.13	2.12	14.48
5.5	0.25	6.73	2.03	1.71	1.7	12.16
6	0.21	5.8	1.75	1.42	1.36	10.33
6.5	0.19	5.01	1.51	1.23	1.13	8.87
7	0.16	4.32	1.3	1.06	0.98	7.65
7.5	0.14	3.73	1.12	0.91	0.84	6.6
8	0.12	3.21	0.97	0.79	0.73	5.7
8.5	0.1	2.77	0.84	0.68	0.63	4.91
9	0.09	2.45	0.72	0.59	0.54	4.3
10	0.07	1.96	0.64	0.51	0.47	3.57
10.5	0.06	1.76	0.51	0.45	0.4	3.12
11	0.06	1.57	0.46	0.36	0.36	2.74
11.5	0.05	1.41	0.41	0.32	0.28	2.42
12	0.05	1.26	0.37	0.29	0.25	2.17
12.5	0.04	1.13	0.33	0.26	0.23	1.94
13	0.04	1.01	0.29	0.23	0.2	1.74
13.5	0.03	0.9	0.26	0.21	0.18	1.55
14	0.03	0.81	0.23	0.18	0.16	1.39
14.5	0.03	0.72	0.21	0.16	0.15	1.25
15	0.02	0.65	0.19	0.15	0.13	1.11
15.5	0.02	0.58	0.17	0.13	0.12	1
16	0.02	0.52	0.15	0.12	0.11	0.89
16.5	0.02	0.46	0.13	0.11	0.09	0.8
17	0.02	0.42	0.12	0.09	0.08	0.72
17.5	0.01	0.37	0.11	0.08	0.08	0.64
18	0.01	0.33	0.1	0.08	0.07	0.57
18.5	0.01	0.3	0.09	0.07	0.06	0.51
19	0.01	0.27	0.08	0.06	0.05	0.46

Tabel 4. 30 Hidrograf Banjir  $Q_5$  Sal. Primer Perbatasan (lanjutan)

<b>t</b> <b>(jam)</b>	<b>Qt</b> <b>(m<sup>3</sup>/det)</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>R4</b>	<b>Q5</b>
		27.06	7.03	4.93	3.93	
19.5	0.01	0.24	0.07	0.05	0.05	0.41
20	0.01	0.21	0.06	0.05	0.04	0.37
20.5	0.01	0.19	0.06	0.04	0.04	0.33
21	0.01	0.17	0.05	0.04	0.03	0.29
21.5	0.01	0.15	0.04	0.03	0.03	0.26
22	0.01	0.14	0.04	0.03	0.03	0.24
22.5	0	0.12	0.04	0.03	0.02	0.21
23	0	0.11	0.03	0.03	0.02	0.19
23.5	0	0.1	0.03	0.02	0.02	0.17
24	0	0.09	0.03	0.02	0.02	0.15

Tabel 4. 31 Hidrograf Banjir  $Q_{10}$  Sal. Primer Perbatasan.

<b>t</b> <b>(jam)</b>	<b>Qt</b> <b>(m<sup>3</sup>/det)</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>R4</b>	<b>Q10</b>
		28.66	7.45	5.23	4.16	
0	0	0				0
0.5	0.03	0.95	0			0.95
1	0.17	4.99	0.25	0		5.24
1.5	0.46	13.21	1.3	0.17	0	14.68
2	0.92	26.36	3.43	0.91	0.14	30.84
2.5	0.84	24.06	6.85	2.41	0.72	34.04
3	0.67	19.27	6.25	4.81	1.92	32.25
3.5	0.54	15.44	5.01	4.39	3.83	28.67
4	0.43	12.37	4.01	3.51	3.49	23.39
4.5	0.35	9.92	3.22	2.82	2.8	18.75
5	0.29	8.26	2.58	2.26	2.24	15.34
5.5	0.25	7.13	2.15	1.81	1.8	12.88
6	0.21	6.15	1.85	1.51	1.44	10.95
6.5	0.19	5.3	1.6	1.3	1.2	9.4
7	0.16	4.58	1.38	1.12	1.03	8.11
7.5	0.14	3.95	1.19	0.97	0.89	7
8	0.12	3.41	1.03	0.83	0.77	6.04
8.5	0.1	2.94	0.89	0.72	0.66	5.21

Tabel 4. 31 Hidrograf Banjir  $Q_{10}$  Sal. Primer Perbatasan.

t (jam)	Qt (m <sup>3</sup> /det)	R1	R2	R3	R4	Q10
		28.66	7.45	5.23	4.16	
9	0.09	2.59	0.76	0.62	0.57	4.55
10	0.07	2.08	0.67	0.54	0.49	3.78
10.5	0.06	1.86	0.54	0.47	0.43	3.3
11	0.06	1.67	0.48	0.38	0.38	2.91
11.5	0.05	1.49	0.43	0.34	0.3	2.56
12	0.05	1.33	0.39	0.3	0.27	2.3
12.5	0.04	1.19	0.35	0.27	0.24	2.06
13	0.04	1.07	0.31	0.24	0.22	1.84
13.5	0.03	0.96	0.28	0.22	0.19	1.65
14	0.03	0.86	0.25	0.19	0.17	1.47
14.5	0.03	0.77	0.22	0.17	0.16	1.32
15	0.02	0.69	0.2	0.16	0.14	1.18
15.5	0.02	0.61	0.18	0.14	0.12	1.06
16	0.02	0.55	0.16	0.13	0.11	0.95
16.5	0.02	0.49	0.14	0.11	0.1	0.85
17	0.02	0.44	0.13	0.1	0.09	0.76
17.5	0.01	0.39	0.11	0.09	0.08	0.68
18	0.01	0.35	0.1	0.08	0.07	0.61
18.5	0.01	0.32	0.09	0.07	0.06	0.54
19	0.01	0.28	0.08	0.06	0.06	0.49
19.5	0.01	0.25	0.07	0.06	0.05	0.44
20	0.01	0.23	0.07	0.05	0.05	0.39
20.5	0.01	0.2	0.06	0.05	0.04	0.35
21	0.01	0.18	0.05	0.04	0.04	0.31
21.5	0.01	0.16	0.05	0.04	0.03	0.28
22	0.01	0.15	0.04	0.03	0.03	0.25
22.5	0	0.13	0.04	0.03	0.03	0.22
23	0	0.12	0.03	0.03	0.02	0.2
23.5	0	0.1	0.03	0.02	0.02	0.18
24	0	0.09	0.03	0.02	0.02	0.16

Dari perhitungan diatas diperoleh debit banjir rencana Sal. Primer Perbatasan sebagai berikut :

$$Q2 = 28,55 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$Q5 = 32,13 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$Q10 = 34,04 \text{ m}^3/\text{det}$$

#### 4.3 Analisis Kapasitas Tampung Saluran Sekunder Eksisting Rungkut Barata dan Rungkut Menanggal

Analisis kapasitas tampung saluran (*full bank capacity*) merupakan analisis hidrolika dengan maksud untuk melakukan evaluasi kapasitas tampung saluran dengan debit banjir rencana 5 tahun untuk saluran sekunder Rungkut Barata dan Rungkut Menanggal.

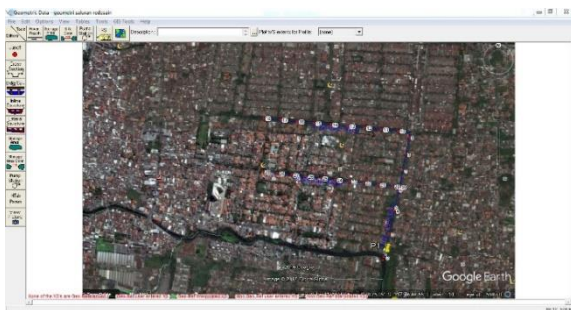
*Full Bank Capacity* adalah besarnya debit tampungan pada saluran sesuai dengan keadaan di lapangan. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan penampang saluran untuk menampung limpasan air hujan.

##### 4.3.1 Analisis Software HEC-RAS

Adapun tahapan dalam analisis menggunakan software HEC-RAS adalah sebagai berikut :

##### 1. Peniruan geometri saluran

Sekunder Rungkut Barata dan Rungkut Menanggal di maksudkan untuk mengetahui alur aliran dari hulu saluran hingga hilir saluran yang akan di simulasikan di aplikasi HECRAS. Berikut hasil Peniruan geometri saluran Sekunder Rungkut Barata dan Rungkut Menanggal pada gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Peniruan geometri saluran

## 2. Input data melintang saluran

Setiap tampang lintang diidentifikasi sebagai River Sta yang diberi nomor urut, dimulai dari hilir dan bertambah besar ke arah hulu. Untuk tampilan input data bisa dilihat pada gambar 4.4.

The screenshot shows the 'Cross Section Data - eksisting baru 0,012' window. It includes a menu bar (Exit, Edit, Options, Plot, Help) and several input fields: River (S. Sekunder Batar), Reach (1), and River Sta (18). A table for 'Cross Section Coordinate' is visible, with columns for Station and Elevation. To the right, there are sections for 'Downstream Reach Lengths', 'Main Channel', 'Main Channel Bank Stations', and 'Coeff. Exp. Coefficient (Steady Flow)'. Red circles and numbers 1-4 highlight specific input areas: 1 for the station/elevation table, 2 for Downstream Reach Lengths, 3 for Main Channel, and 4 for Main Channel Bank Stations.

Station	Elevation
1 0	2.308
2 0.3	2.308
3 0.8	1.062
4 3.6	1.067
5 3.6	1.979
6 3.8	1.979
7 4.7	2.009
8 4.9	2.292
9 5.2	2.292

Downstream Reach Lengths	Channel	Bank
100	100	100

Main Channel	Channel	Bank
0.012	0.012	0.012

Main Channel Bank Stations	Left Bank	Right Bank
0.3	4.9	

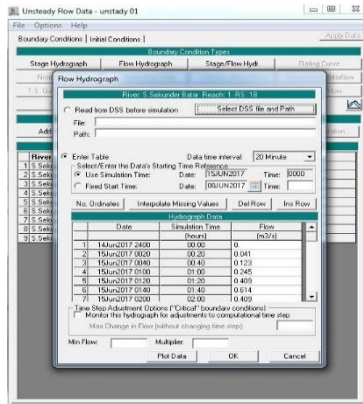
Coeff. Exp. Coefficient (Steady Flow)	Contraction	Expansion
0.1	0.3	

Gambar 4. 4 Tampilan untuk input data melintang saluran  
Penjelasan untuk tiap nomor sebagai berikut :

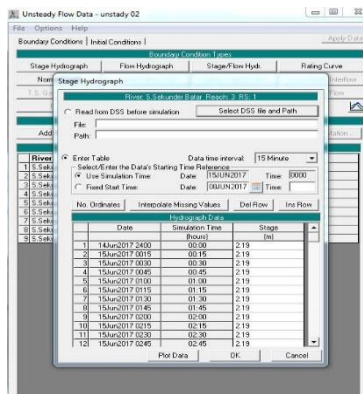
1. Memasukkan koordinat titik-titik penampang melintang untuk station adalah jarak titik di ukur dari kiri dan Elevasi adalah elevasi titik.
2. Jarak antara penampang melintang, untuk jarak antara penampang melintang 18 dan 17 sejauh 100m.
3. Nilai koefisien kekerasan, untuk nilai koefisien kekasaran pada cross 18 sebesar 0,012 karena saluran terbuat dari pasangan batu kali.
4. Main Channel Bank Stations, karena tampang merupakan tampang tunggal, maka seluruh tampang merupakan *main channel*, dengan batas kiri 0,3 dan batas kanan 4,9.

### 3. Simulasi Aliran Unsteady Flow

Pada simulasi aliran Unsteady Flow data yang dibutuhkan adalah data debit hidrograf satuan sintetis pada beberapa jam, serta data tinggi muka air dengan bantuan interpolasi pada Software HECRAS. Untuk penginputan data, flow Hydrograph terlihat seperti gambar 4.5.



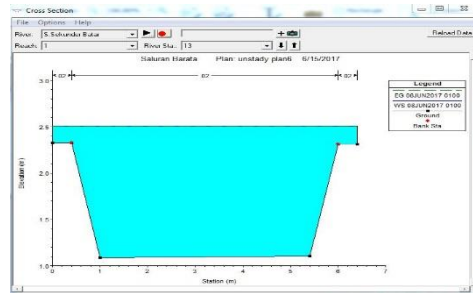
Gambar 4. 5 Tampilan input Flow Hydrograph pada HEC-RAS  
Sedangkan untuk menginput stage Hydrograph terlihat seperti gambar 4.6.



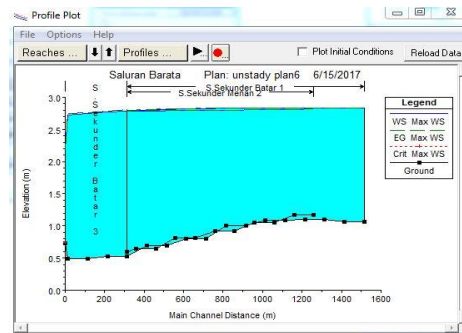
Gambar 4. 6 Tampilan Input Stage Hydrograph pada HEC-RAS



Dari hasil Simulasi Aliran Unsteady Flow pada saluran Sekunder Rungkut Barata dan Rungkut Menanggal di dapatkan luapan antara 10cm-80cm pada beberapa cross di Saluran Sekunder Rungkut Barata dan Rungkut Menanggal. Berikut hasil dari *running* dari Simulasi Aliran Unsteady Flow terlihat seperti gambar 4.7 dan 4.8.



Gambar 4. 7 Penampang melintang eksisting

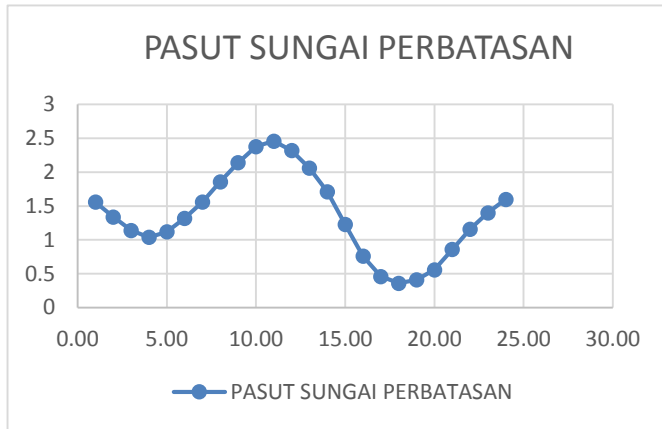


Gambar 4. 8 Penampang memanjang eksisting

#### 4.4 Analisis Aliran Balik (Back Water)

##### 4.4.1 Analisis Aliran Balik (Back Water) pada Saluran Primer Perbatasan.

Analisis *backwater* diambil dari hasil pengamatan pasang surut air laut pada tanggal 11 mei 2017 bisa dilihat pada gambar 4.9.



Gambar 4. 9 Pengamatan Pasang Surut Air laut

Sedangkan untuk mengetahui apakah tinggi pasang tertinggi mempengaruhi saluran Sekunder Rungkut Barata dan Rungkut Menanggal pada saat debit banjir Q10 di saluran Primer Perbatasan. Perhitungan Backwater pada saluran Primer Perbatasan bisa di lihat pada Tabel 4.32. Gambar Potongan Memanjang Pengaruh Backwater Saluran Primer Terhadap Pasang Surut Air laut dapat dilihat pada gambar 4.10 di halaman lampiran 3.

Diketahui:

- b = 18 m
- y1 = 2.4 m
- m = 0,2
- $I_0 = 0,0002$
- Q = 38.95 m<sup>3</sup>/det
- y2 = 2.46 m
- n = 0,02
- $\alpha = 1$
- g = 9,8 m/det<sup>2</sup>

Perhitungan *back water* sebagai berikut :

- Tahap 1
  - y = 2.46 m
  - A = (b + m.y).y

$$\begin{aligned}
 &= (18 + (0,2 \cdot 2,46)) \cdot 2,46 = 45,49 \text{ m} \\
 - \quad P &= b + 2y\sqrt{1 + m^2} \\
 &= 18 + 2 \cdot 2,46 \sqrt{1 + 0,2^2} \\
 &= 23,02 \text{ m} \\
 - \quad R &= A / P \\
 &= 45,49 \text{ m}^2 / 23,02 \text{ m} \\
 &= 1,98 \text{ m} \\
 - \quad R^{4/3} &= 1,98^{4/3} \\
 &= 2,48 \text{ m} \\
 - \quad V &= Q / A \\
 &= 38,95 \text{ m}^3/\text{dt} / 45,49 \text{ m}^2 \\
 &= 0,86 \text{ m/dt} \\
 - \quad \alpha \frac{v^2}{2g} &= 1 \left( \frac{0,86^2}{2 \cdot 9,8} \right) \\
 &= 0,037 \text{ m} \\
 - \quad E &= y + \alpha \frac{v^2}{2g} \\
 &= 2,46 \text{ m} + 0,037 \text{ m} \\
 &= 2,497 \text{ m} \\
 - \quad If &= \frac{(n^2 \cdot v^2)}{R^{4/3}} \\
 &= \frac{(0,02^2 \cdot 0,86^2)}{1,98^{4/3}} \\
 &= 0,00014 \\
 \bullet \quad \text{Tahap 2} \\
 - \quad y &= 2,4 \text{ m} \\
 - \quad A &= (b + m \cdot y) \cdot y \\
 &= (18 + (0,2 \cdot 2,4)) \cdot 2,4 \\
 &= 45,11 \text{ m}^2 \\
 - \quad P &= b + 2y\sqrt{1 + m^2} \\
 &= 18 + 2 \cdot 2,4 \sqrt{1 + 0,2^2} = 22,98 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- $R = A / P$   
 $= 45,11 \text{ m}^2 / 22,98 \text{ m}$   
 $= 1,96 \text{ m}$
- $R^{4/3} = 1,96^{4/3}$   
 $= 2,46 \text{ m}$
- $V = Q / A$   
 $= 38,95 \text{ m}^3/\text{dt} / 45,11 \text{ m}^2$   
 $= 0,86 \text{ m}/\text{dt}$
- $\alpha \frac{v^2}{2g} = 1 \left( \frac{0,86^2}{2 \cdot 9,8} \right)$   
 $= 0,38 \text{ m}$
- $E = y + \alpha \frac{v^2}{2g}$   
 $= 4,4 + 0,038$   
 $= 2,478 \text{ m}$
- $I_f = \frac{(n^2 \cdot v^2)}{R^{4/3}}$   
 $= \frac{(0,02^2 \cdot 0,86^2)}{1,96^{4/3}}$   
 $= 0,00015$
- $\bar{I}f = (I_{f1} + I_{f2})/2$   
 $= (0,00014 + 0,00015)/2$   
 $= 0,000145$
- $I_0 - \bar{I}f = 0,0002 - 0,000145$   
 $= 0,00006$
- $\Delta E = E_1 - E_2$   
 $= 2,497 \text{ m} - 2,478 \text{ m}$   
 $= 0,019 \text{ m}$
- $\Delta X = \frac{\Delta E}{I_0 - \bar{I}f}$   
 $= \frac{0,019}{0,00006}$   
 $= 351,806 \text{ m}$
- $X = 351,81 \text{ m}$  (nilai kumulatif dari  $\Delta X$ )

Tabel 4. 32 Hasil Perhitungan BackWater Saluran Primer Perbatasan terhadap Pasang surut Air Laut

y	A	P	R	R <sup>4/3</sup>	V	$\alpha \cdot (v^2/2g)$	E	$\Delta E$	If	Ifrat	IO-Ifrat	$\Delta X$	X
m	m <sup>2</sup>	m	m	m	m/det	m	m	m				m	m
2.46	45.49	23.02	1.98	2.48	0.86	0.037	2.497	-	0.00014	-			
2.44	45.11	22.98	1.96	2.46	0.86	0.038	2.478	0.019	0.00015	0.000145	0.00006	351.806	351.81
2.42	44.73	22.94	1.95	2.44	0.87	0.039	2.459	0.019	0.00015	0.000149	0.00005	377.360	729.17
2.4	44.35	22.90	1.94	2.41	0.88	0.039	2.439	0.019	0.00015	0.000153	0.00005	408.093	1137.26
2.38	43.97	22.85	1.92	2.39	0.89	0.040	2.420	0.019	0.00016	0.000157	0.00004	445.740	1583.00
2.36	43.59	22.81	1.91	2.37	0.89	0.041	2.401	0.019	0.00016	0.000161	0.00004	492.917	2075.92
2.34	43.22	22.77	1.90	2.35	0.90	0.041	2.381	0.019	0.00017	0.000165	0.00003	553.744	2629.66

Dari hasil Perhitungan BackWater Saluran Primer Perbatasan terhadap pasang surut air laut didapatkan panjang backwater dari laut sejauh 1,13 km sedangkan jarak lokasi studi Saluran Sekunder Rungkut Barata dan Rungkut Menanggal sejauh 5,2 km, dari kesimpulan perhitungan di atas didapatkan bahwa lokasi Saluran Sekunder Rungkut Barata dan Rungkut Menanggal tidak terpengaruh oleh pasang surut air laut.

#### 4.4.2 Analisis Aliran Balik (Backwater) pada Saluran Sekunder Rungkut Barata.

Dalam sistem drainase Surabaya, Saluran Sekunder Rungkut Barata memiliki *outlet* pada saluran Primer Perbatasan sehingga diperlukan tinjauan terjadinya *back water* untuk mengetahui apakah terdapat pengaruh *back water* pada *outlet* sistem drainase saluran sekunder Barata.

Karena elevasi muka air banjir pada Saluran Primer Perbatasan lebih tinggi daripada elevasi muka air banjir pada Saluran Sekunder Rungkut Barata maka dapat disimpulkan bahwa pada outlet Saluran Sekunder Rungkut Barata terjadi *back water* sehingga perlu dilakukan perhitungan *back water*, adapun perhitungan *back water* dapat dilihat tabel 4.33. Gambar Potongan Memanjang Pengaruh Backwater Saluran Primer Terhadap Pasang Surut Air laut dapat dilihat pada gambar 4.11 di halaman lampiran 3.

Diketahui:

$$\begin{aligned}
 b &= 2,4 \text{ m} \\
 y_1 &= 2,20 \text{ m} \\
 m &= 0,4 \\
 I_0 &= 0,0005 \\
 Q &= 4,067 \text{ m}^3/\text{det} \\
 y_2 &= 2,4 \text{ m} \\
 n &= 0,01 \\
 \alpha &= 1 \\
 g &= 9,8 \text{ m/det}^2
 \end{aligned}$$

Perhitungan *back water* sebagai berikut :

- Tahap 1

$$\begin{aligned}
 - y &= 2,34 \text{ m} \\
 - A &= (b + m.y).y \\
 &= (2,4 + (0,4 \cdot 2,34)) \cdot 2,34 = 7,81 \text{ m} \\
 - P &= b + 2y\sqrt{1 + m^2} \\
 &= 2,4 + 2 \cdot 2,34 \sqrt{1 + 0,4^2} \\
 &= 7,44 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- $R = A / P$   
 $= 7,81 \text{ m}^2 / 7,44 \text{ m}$   
 $= 1,05 \text{ m}$
- $R^{4/3} = 1,05^{4/3}$   
 $= 1,07 \text{ m}$
- $V = Q / A$   
 $= 4,067 \text{ m}^3/\text{dt} / 7,81 \text{ m}^2$   
 $= 0,52 \text{ m/dt}$
- $\alpha \frac{v^2}{2g} = 1 \left( \frac{0,52^2}{2 \cdot 9,8} \right)$   
 $= 0,014 \text{ m}$
- $E = y + \alpha \frac{v^2}{2g}$   
 $= 2,34 \text{ m} + 0,014 \text{ m}$   
 $= 2,354 \text{ m}$
- $If = \frac{(n^2 \cdot v^2)}{R^{4/3}}$   
 $= \frac{(0,01^2 \cdot 0,52^2)}{1,05^{4/3}}$   
 $= 0,00003$
- Tahap 2
  - $y = 2,32 \text{ m}$
  - $A = (b + m \cdot y) \cdot y$   
 $= (2,4 + (0,4 \cdot 2,32)) \cdot 2,32$   
 $= 7,72 \text{ m}^2$
  - $P = b + 2y\sqrt{1 + m^2}$   
 $= 2,4 + 2 \cdot 2,32 \sqrt{1 + 0,4^2} = 7,40 \text{ m}$
  - $R = A / P$   
 $= 7,72 \text{ m}^2 / 7,40 \text{ m}$   
 $= 1,04 \text{ m}$
  - $R^{4/3} = 1,04^{4/3}$   
 $= 1,06 \text{ m}$
  - $V = Q / A$

$$\begin{aligned}
&= 4,067 \text{ m}^3/\text{dt} / 7,72 \text{ m}^2 \\
&= 0,53 \text{ m/dt} \\
- \quad \alpha \frac{v^2}{2g} &= 1 \left( \frac{0,53^2}{2 \cdot 9,8} \right) \\
&= 0,014 \text{ m} \\
- \quad E &= y + \alpha \frac{v^2}{2g} \\
&= 2,32 + 0,14 \\
&= 2,334 \text{ m} \\
- \quad If &= \frac{(n^2 \cdot v^2)}{R^{4/3}} \\
&= \frac{(0,01^2 \cdot 0,53^2)}{1,04^{4/3}} \\
&= 0,00003 \\
- \quad \bar{If} &= (If_1 + If_2)/2 \\
&= (0,00003 + 0,00003)/2 \\
&= 0,000026 \\
- \quad I_0 - \bar{If} &= 0,0005 - 0,000026 \\
&= 0,00047 \\
- \quad \Delta E &= E_1 - E_2 \\
&= 2,354 \text{ m} - 2,334 \text{ m} \\
&= 0,02 \text{ m} \\
- \quad \Delta X &= \frac{\Delta E}{I_0 - \bar{If}} \\
&= \frac{0,02}{0,00047} \\
&= 41,531 \text{ m} \\
- \quad X &= 41,53 \text{ m (nilai komulatif dari } \Delta X)
\end{aligned}$$



Tabel 4. 33 Hasil Perhitungan BackWater Saluran Sekunder Rungkut Barata terhadap saluran Primer Perbatasan

y m	A m <sup>2</sup>	P m	R m	R <sup>4/3</sup> m	V m/det	$\alpha^*(v^2/2g)$ m	E m	$\Delta E$ m	If	Ifrat	I0-Ifrat	$\Delta X$ m	X m
2.34	7.81	7.44	1.05	1.07	0.52	0.014	2.354	-	0.00003	-			
2.32	7.72	7.40	1.04	1.06	0.53	0.014	2.334	0.020	0.00003	0.000026	0.00047	41.531	41.53
2.3	7.64	7.35	1.04	1.05	0.53	0.014	2.314	0.020	0.00003	0.000027	0.00047	41.578	83.11
2.28	7.55	7.31	1.03	1.04	0.54	0.015	2.295	0.020	0.00003	0.000027	0.00047	41.627	124.74
2.26	7.47	7.27	1.03	1.04	0.54	0.015	2.275	0.020	0.00003	0.000028	0.00047	41.678	166.41
2.24	7.38	7.23	1.02	1.03	0.55	0.015	2.255	0.020	0.00003	0.000029	0.00047	41.732	208.15
2.22	7.30	7.18	1.02	1.02	0.56	0.016	2.236	0.020	0.00003	0.000030	0.00047	41.787	249.93
2.2	7.22	7.14	1.01	1.01	0.56	0.016	2.216	0.020	0.00003	0.000031	0.00047	41.846	291.78
2.18	7.13	7.10	1.01	1.01	0.57	0.017	2.197	0.020	0.00003	0.000032	0.00047	41.906	333.69
2.16	7.05	7.05	1.00	1.00	0.58	0.017	2.177	0.020	0.00003	0.000033	0.00047	41.969	375.65

Dari perhitungan pada tabel 4.33 didapatkan backwater saluran Sekunder Rungkut Barata dan Rungkut menanggal sepanjang 291,78 meter .

## **4.5 Solusi Pengendalian Banjir di Saluran Sekunder Rungkut Barata dan Rungkut Menanggal Kota Surabaya**

### **4.5.1 Solusi Normalisasi dengan Pintu Air**

Dari hasil *running* di program hecras pada perhitungan penampang eksisting terdapat luapan di beberapa titik cross sebesar 10cm -80cm yang menyebabkan debit banjir menggenangi daerah di sekitar saluran Sekunder Rungkut Barata dan Rungkut Menanggal. Oleh karena itu dalam kondisi seperti ini perlu dilakukan perencanaan ulang agar penampang saluran Rungkut Barata dan Rungkut Menanggal dapat menampung debit banjir pada saat intensitas hujan tinggi. Berikut hasil perencanaan ulang untuk Saluran Sekunder Rungkut Barata dan Rungkut Menanggal:

Direncanakan :

1. Saluran yang awalnya Trapesium di buat menjadi saluran persegi dengan Tinggi 1,5m sampai 2m dan lebar menyesuaikan kondisi lapangan.
2. Isaluran direncanakan 0,0004.
3. Pasangan saluran menggunakan batukali yang di plester.
4. Untuk nilai koefisien kekasaran sebesar 0,012.
5. Untuk hilir saluran Sekunder Rungkut Barata dan Rungkut Menanggal dipasang pintu air.

Untuk gambar rencana desain potongan melintang saluran Sekunder Rungkut Barata dari Sta +0.000 sampai Sta +1.514 dan Saluran Sekunder Rungkut Menanggal dari Sta +0.000 sampai Sta +0.950 dilihat pada gambar 4.13 sampai 4.40 dapat dilihat pada halaman lampiran 5 sampai lampiran 32.

Untuk gambar input data melintang dan hasil tampilan *running* di program HEC-RAS bisa di lihat gambar 4.41 sedangkan gambar 4.42 untuk penampang melintang dan gambar 4.43 untuk penampang memanjang.

Cross Section Data - geometri saluran redesain fix

Exit Edit Options Plot Help

River: S Sekunder Batar Apply Data [Profile View Icon] [Plan View Icon] [Camera Icon]

Reach: 1 River Sta.: 18 [Down Arrow Icon] [Up Arrow Icon]

Description [Empty Field] [Reset Icon] [More Icon]

Del Row	Ins Row	Cross Section Coordinates	
		Station	Elevation
1		0	2.562
2		0.3	2.562
3		0.3	1.062
4		4.9	1.062
5		4.9	2.562
6		5.2	2.562
7			
8			
9			
10			
11			

Downstream Reach Lengths		
LOB	Channel	ROB
100	100	100

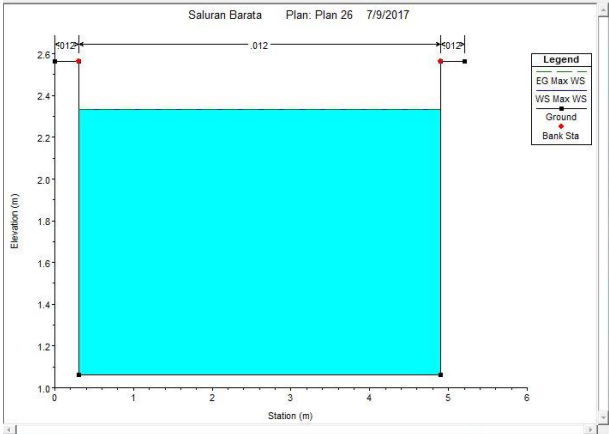
Manning's n Values		
LOB	Channel	ROB
0.012	0.012	0.012

Main Channel Bank Stations	
Left Bank	Right Bank
0.3	4.9

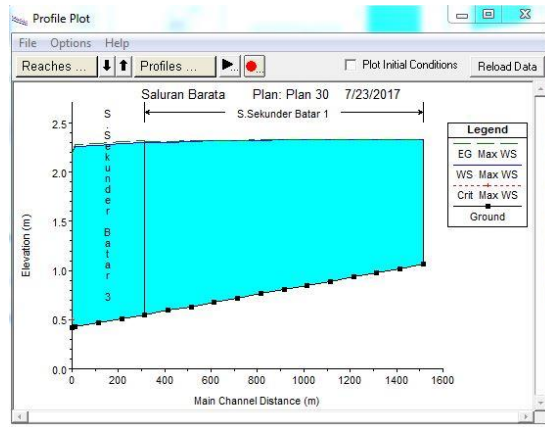
Contr'Exp Coefficient (Steady Flow)	
Contraction	Expansion
0.1	0.3

Edit Station Elevation Data (m)

Gambar 4. 41 Tampilan input data melintang rencana



Gambar 4. 42 Desain penampang melintang Saluran Sekunder Rungkut Barata



Gambar 4. 43 Desain penampang memanjang Saluran Sekunder Rungkut Barata

#### 4.5.2 Solusi Rumah Pompa dengan Pintu Air

Solusi rumah pompa sendiri merupakan solusi yang sering di terapkan di Kota Surabaya yang kebanyakan saluran Sekunder di Kota Surabaya memiliki permukaan air lebih rendah di bandingkan dengan saluran primernya pada saat intensitas hujan tinggi. Dari hasil perhitungan backwater di saluran sekunder Rungkut Barata didapatkan panjang backwater 291,78 meter, Itu sebabnya solusi rumah pompa lebih efektif untuk mengendalikan banjir. Berikut Perencanaan mengunakan Pompa Air pada saluran Sekunder Rungkut Barata :

Diketahui :

1. Debit di saluran Sekunder Rungkut Barata dan Rungkut menanggal sebesar 4.,067 m3/det
2. Direncanakan menggunakan 2 pompa dengan Kapasitas pompa 0,5m3/det.
3. Untuk hilir saluran Sekunder Rungkut Barata dan Rungkut Menanggal dipasang pintu air.

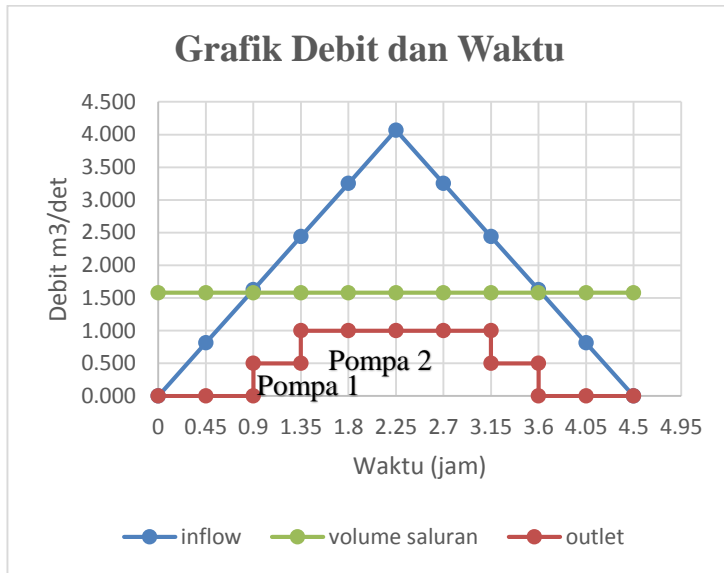
Berikut perhitungan Rumah pompa untuk Saluran Sekunder Rungkut Barata pada tabel 4.34. untuk gambar desain skema rumah pompa dan desain memanjang rumah pompa dilihat pada gambar 4.45 dan 4.46 di halaman lampiran 33 dan 34

Tabel 4. 34 Hasil Perhitungan Kapasitas Pompa Air di Saluran Sekunder Rungkut Barata

Waktu	Waktu	Waktu	$\Delta t$	$\Delta t$	Debit	Mass			Mass			I-O
(jam)	(menit)	(detik)	(menit)	(detik)	Inflow	Outflow	Inflow	Outflow	Inflow	Outflow	Kumulatif	I-O
0	0	0	0	0	0.000	0	0.0	0	0.0	0	0	0.0
0.45	27	1620	27.0	1620	0.813	0	658.8	0	658.8	0	0	658.8
0.9	54	3240	27.0	1620	1.627	0.5	1976.52	810.00	2635.4	810.00	810	1825.4
1.35	81	4860	27.0	1620	2.440	1	3294.20	1620.00	5929.6	1620.00	2430	3499.6
1.8	108	6480	27.0	1620	3.254	1	4611.88	1620.00	10541.4	1620.00	4050	6491.4
2.25	135	8100	27.0	1620	4.067	1	5929.56	1620.00	16471.0	1620.00	5670	10801.0
2.7	162	9720	27.0	1620	3.254	1	5929.56	1620.00	22400.6	1620.00	7290	15110.6
3.15	189	11340	27.0	1620	2.440	1	4611.88	1620.00	27012.4	1620.00	8910	18102.4
3.6	216	12960	27.0	1620	1.627	0.5	3294.20	810.00	30306.6	810.00	9720	20586.6
4.05	243	14580	27.0	1620	0.813	0	1976.52	0.00	32283.2	0.00	9720	22563.2
4.5	270	16200	27.0	1620	0.000	0	0.00	0.00	32283.2	0.00	9720	22563.2

Dari hasil perhitungan volume Saluran Sekunder Rungkut Barata dan Rungkut Menanggal, kapasitas volume sebesar 25596 m<sup>3</sup> dan hasil inflow dikurangi outflow didapatkan volume sebesar 22563m<sup>3</sup>/det. Jadi luapan banjir yang di saluran Sekunder Rungkut Barata dan Rungkut Menanggal dapat di kendalikan dengan pompa air.

Grafik inflow dan outflow operasi pompa air rencana dilihat pada gambar 4.44.



Gambar 4. 44 Grafik Debit dan Waktu Pompa Air Rencana Pengoprasian Pompa air pada saluran Sekunder Rungkut Barata dan Rungkut Menanggal kota Surabaya

1. Menggunakan 2 pompa air dengan kapasitas 0,5m<sup>3</sup>/det
2. Pompa air 1 dinyalakan pada jam ke 0,9 dan dimatikan pada jam ke 3,6
3. Pompa air 2 dinyalakan pada jam ke 1,35 dan dimatikan pada jam ke 3,15
4. Pada warna Biru menunjukkan inflow dengan kapasitas total debit sebesar 8,96m<sup>3</sup>/det selama 4,5 jam dengan volume total sebesar 32283,16 m<sup>3</sup>
5. Pada warna hijau menunjukkan debit saluran sebesar 1,58m<sup>3</sup>/det selama 4,5 jam dengan total volume tampungan sebesar 25596m<sup>3</sup>
6. Pada warna merah menunjukkan Kapasitas pompa air 1 dengan kapasitas pompa 0,5m<sup>3</sup>/det dinyalakan selama

2,7jam dan pompa 2 dengan kapasitas 0.5m<sup>3</sup>/det dinyalakan selama 1,8 jam dengan total volume sebesar 9720m<sup>3</sup>.

7. Jadi volume yang tersisa di saluran sebesar 22563m<sup>3</sup> sedangkan volume tampungan saluran sebesar 25596m<sup>3</sup>.

#### **4.6 Rencana Anggaran Biaya (RAB)**

Rencana Anggaran Biaya merupakan perkiraan biaya yang diperlukan dalam suatu pekerjaan konstruksi. Didalam menentukan Rencana Anggaran Biaya dibutuhkan perhitungan volume galian dan timbunan, volume pekerjaan dan harga satuan pekerjaan yang nantinya digunakan sebagai acuan di dalam perhitungan anggaran. Perhitungan volume mengacu pada gambar teknis yang telah dibuat. Langkah–langkah yang dilakukan untuk menghitung rencana anggaran dan biaya suatu pekerjaan fisik yaitu:

1. Menghitung volume tiap – tiap pekerjaan sesuai dengan gambar.
2. Menentukan analisa harga satuan pekerjaan yang diperlukan.
3. Menentukan harga satuan bahan dan upah Dengan mengalikan harga satuan pekerjaan dengan volume pekerjaan didapatkan harga pekerjaan.
4. Dibuat rekapitulasi harga pekerjaan. Biaya pembangunan (animingsom) adalah harga pekerjaan fisik yang ditambahkan PPn sebesar 10 % harga pekerjaan fisik. Harga inilah yang digunakan dalam setiap pelelangan pekerjaan pemborongan

##### **4.6.1 Rencana Anggaran Biaya Normalisasi Saluran**

Rencana Anggaran Biaya Menggunakan untuk pekerjaan Normalisasi Saluran menggunakan Harga satuan Surabaya tahun 2015. Hasil Perhitungan dilihat pada tabel 4.35.



Tabel 4. 35 Rencana Anggaran Biaya Normalisasi Saluran.

NO	JENIS PEKERJAAN	VOL	SAT.	HAR SAT (Rp.)	JUMLAH (Rp.)
<b>I PEKERJAAN PENDAHULUAN</b>					
1	Persiapan Dan sewa Dereksi Keet	1.00	Ls	Rp1,900,000.00	Rp1,900,000.00
2	Uitzet Dengan WaterPass / Theodolit	1.00	Hari	Rp610,275.00	Rp610,275.00
3	Pasangan Rambu Pengaman	1.00	Titik	Rp556,165.00	Rp556,165.00
4	Pembuatan Bowplank	10.00	Titik	Rp89,750.00	Rp897,500.00
5	Mobilisasi dan Demobilisasi	1.00	LS	Rp1,500,000.00	Rp1,500,000.00
<b>SUB TOTAL</b>				<b>I</b>	<b>Rp5,463,940.00</b>
<b>II PEKERJAAN TANAH</b>					
1	Bongkar Pasangan Lama	889.10	m3	Rp102,845.00	Rp91,439,489.50
2	Penggalian Tanah Konstruksi	5,500.98	m3	Rp73,787.00	Rp405,900,811.26
3	Pengangkutan Tanah Keluar Proyek	2,701.58	m3	Rp39,850.00	Rp107,657,963.00
<b>SUB TOTAL</b>				<b>II</b>	<b>Rp604,998,263.76</b>
<b>III PEKERJAAN PASANGAN</b>					
1	Pemasangan Batu Kali Pecah	3,688.50	m3	Rp666,328.00	Rp2,457,750,828.00
2	Pemasangan Pintu	2.00	Bh	Rp4,745,000.00	Rp9,490,000.00
3	Pemasangan Trucuk Bambu	4,918.00	Bh	Rp28,294.00	Rp139,149,892.00
4	Plesteran Halus	8,852.40	m2	Rp57,767.00	Rp511,376,590.80
<b>SUB TOTAL</b>				<b>III</b>	<b>Rp3,117,767,310.80</b>
<b>IV PEKERJAAN LAIN-LAIN</b>					
1	Pembersihan Lapangan/Lokasi	1.00	Ls	Rp1,818,700.00	Rp1,818,700.00
2	Dewatering	1.00	Ls	Rp688,800.00	Rp688,800.00
<b>SUB TOTAL</b>				<b>IV</b>	<b>Rp2,507,500.00</b>
Jumlah Sub Total					Rp3,730,737,014.56
PPN 10%					Rp373,073,701.46
JUMLAH TOTAL HARGA (Plus PPN 10%)					Rp4,103,810,716.02
<b>D I B U L A T K A N</b>					<b>Rp4,103,810,000.00</b>

Dari hasil Rencana Anggaran Biaya didapatkan Total Pekerjaan Untuk Normalisasi Saluran Sekunder Rungkut Barata dan Rungkut Menanggal Kota Surabaya Sebesar Rp 4.103.810,000,00. Biaya di atas belum termasuk Pemeliharaan pemeliharaan untuk Saluran Sekunder Rungkut Barata dan Rungkut Menanggal.

#### 4.6.2 Rencana Anggaran Biaya Rumah Pompa

Rencana Anggaran Biaya Menggunakan untuk pekerjaan Normalisasi Saluran menggunakan Harga satuan Surabaya tahun 2015. Hasil Perhitungan dilihat pada tabel 4.36.

Tabel 4. 36 Rencana Anggaran Biaya Rumah Pompa

NO	JENIS PEKERJAAN	VOL	SAT.	HAR SAT (Rp.)	JUMLAH (Rp.)
<b>I PEKERJAAN PENDAHULUAN</b>					
1	Persiapan Dan sewa Dereksi Keet	1.00	Ls	Rp1,900,000.00	Rp1,900,000.00
2	Uitzet Dengan WaterPass / Theodolit	1.00	Hari	Rp610,275.00	Rp610,275.00
3	Pasangan Rambu Pengaman	1.00	Titik	Rp556,165.00	Rp556,165.00
4	Pembuatan Bowplank	10.00	Titik	Rp89,750.00	Rp897,500.00
5	Mobilisasi dan Demobilisasi	1.00	LS	Rp1,500,000.00	Rp1,500,000.00
<b>SUB TOTAL</b>				<b>I</b>	<b>Rp5,463,940.00</b>
<b>II PEKERJAAN KONSTRUKSI</b>					
1	Pembutan Rumah Jaga	1.00	ls	Rp170,000,000.00	Rp170,000,000.00
2	Pekerjaan Struktur Beton	1.00	ls	Rp600,000,000.00	Rp600,000,000.00
3	Pekerjaan Pengalihan Saluran	1.00	m3	Rp100,000,000.00	Rp100,000,000.00
<b>SUB TOTAL</b>				<b>II</b>	<b>Rp870,000,000.00</b>
<b>III PEKERJAAN MEKANIKAL</b>					
1	Pompa Banjir	2.00	Bh	Rp1,090,101,800.00	Rp2,180,203,600.00
2	Pompa Lumpur	1.00	Bh	Rp514,566,875.00	Rp514,566,875.00
3	Pipa Buang Pompa Banjir	8.00	m	Rp3,710,000.00	Rp29,680,000.00
4	Pipa Buang Pompa Lumpur	6.00	m	Rp1,750,000.00	Rp10,500,000.00
5	Pengadaan Genset dan Tanki	1.00	Ls	Rp1,042,000,000.00	Rp1,042,000,000.00
<b>SUB TOTAL</b>				<b>III</b>	<b>Rp2,734,950,475.00</b>
<b>IV PEKERJAAN ELEKTRIKAL</b>					
1	Pekerjaan Kabel	1.00	Ls	Rp139,068,000.00	Rp139,068,000.00
2	Pekerjaan Panel	1.00	Ls	Rp510,000,000.00	Rp510,000,000.00
<b>SUB TOTAL</b>				<b>IV</b>	<b>Rp649,068,000.00</b>
<b>V PEKERJAAN LAIN-LAIN</b>					
1	Pembersihan Lapangan/Lokasi	1.00	Ls	Rp1,818,700.00	Rp1,818,700.00
2	Dewatering	1.00	Ls	Rp688,800.00	Rp688,800.00
<b>SUB TOTAL</b>				<b>V</b>	<b>Rp2,507,500.00</b>
Jumlah Sub Total					Rp4,782,989,915.00
PPN 10%					Rp478,298,991.50
JUMLAH TOTAL HARGA (Plus PPN 10%)					Rp5,261,288,906.50
D I B U L A T K A N					<b>Rp5,261,288,000.00</b>

Dari hasil Rencana Anggaran Biaya didapatkan Total Pekerjaan Untuk Normalisasi Saluran Sekunder Rungkut Barata dan Rungkut Menanggal Kota Surabaya Sebesar Rp 5.261.288.000,00. Biaya di atas belum termasuk Pemeliharaan dan Pengoprasian Rumah Pompa. Rumah Pompa sendiri harus mempunyai Penjaga yang sewaktu-waktu ngengoprasikan Pompa Air pada saat terjadi Hujan dengan intensitas tinggi dan juga harus ada petugas yang membersihkan sampah yang menumpuk di screen agar sampah tidak masuk dan merusak pompa saat beroperasi.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil analisa pada tugas akhir terapan ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Penyebab dari banjir di kawasan Saluran Sekunder Rungkut Barata dan Rungkut Menanggal adalah dimensi Saluran Sekunder Rungkut Barata dan Rungkut Menanggal yang tidak mampu menampung debit banjir dan adanya pengaruh *backwater* dari saluran Primer Perbatasan sejauh 291,78m.
2. Solusi pengendalian banjir yang pertama ada normalisasi pada saluran dengan tinggi Saluran 1,5m sampai 2 m dan lebar menyesuaikan kondisi lapangan. Saluran sendiri di desain berbentuk persegi dan di rencanakan dengan I saluran 0,0004. Desain saluran menggunakan pasangan batu kali yang dilengkapi dengan pintu air di hilir saluran.
3. Solusi pengendalian banjir kedua menggunakan Pompa air. Pompa air sendiri di lengkapi dengan Rumah jaga, kolam penampung, pintu air, dan saringan sampah. Pompa yang di gunakan ada 2 pompa banjir dengan kapasitas 0,5m<sup>3</sup>/det dan juga di lengkapi dengan pompa lumpur dengan kapasitas 0,25m<sup>3</sup>/det.
4. Hasil Rencana Anggaran Biaya untuk Normalisasi sebesar Rp 4.103.810.000,00 dan untuk Rumah Pompa sebesar Rp 5.261.288.000,00. Harga tersebut belum termasuk biaya pemeliharaan dan operasional.

## **5.2 Saran**

Untuk menangani genangan yang terjadi di kawasan Saluran Sekunder Rungkut Barata dan Rungkut Menanggal sebaiknya dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Memilih salah satu solusi yang sesuai dengan kondisi lapangan dan ketersediaan dana dari pemerintah untuk langkah pengendalian banjirnya.
2. Perlu adanya pemeliharaan yang berkala jika diterapkan normalisasi ataupun rumah pompa untuk pengendalian banjir.
3. Memberi pengertian kesadaran kepada masyarakat untuk tidak membuang sampah pada saluran agar saluran bisa berfungsi dengan lancar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional (2016). Tata cara perhitungan debit banjir rencana. *SNI 2415*.
- Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga dan Pematusan (2000). *SDMP*. Surabaya: Pemerintah Kota Surabaya.
- Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: ANDI Offset.
- Suwarno. (1995). *Hidrologi*. Bandung: NOVA.
- Triatmodjo, B. (2010). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Wesli. (2008). *Drainase Perkotaan* . Yogyakarta: Graha Ilmu.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## BIODATA PENULIS



Ivanda Kurnianto, Penulis dilahirkan di Magetan, 17 Januari 1994, merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Sukses, SDN Kendangsari IV Surabaya, SMP Negeri 35 Surabaya, SMK Negeri 3 Surabaya. Setelah lulus dari SMKN 3 Surabaya tahun 2012, Penulis mengikuti ujian masuk Diploma III Teknik Sipil ITS dan diterima pada tahun 2012. Di jurusan Teknik Sipil ini penulis mengambil bidang studi Bangunan Air. Penulis pernah aktif dalam beberapa kegiatan seminar dan pelatihan yang diselenggarakan oleh kampus ITS Manyar. Penulis juga aktif dalam kegiatan organisasi kampus, Selain itu penulis juga aktif dalam berbagai kepanitiaan di beberapa kegiatan yang ada selama menjadi mahasiswa di Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Setelah menyelesaikan pendidikan program diploma III pada tahun 2015, penulis melanjutkan jenjang pendidikan ke tingkat diploma IV dengan mengikuti program Lanjut Jenjang diploma IV Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember di tahun 2016.

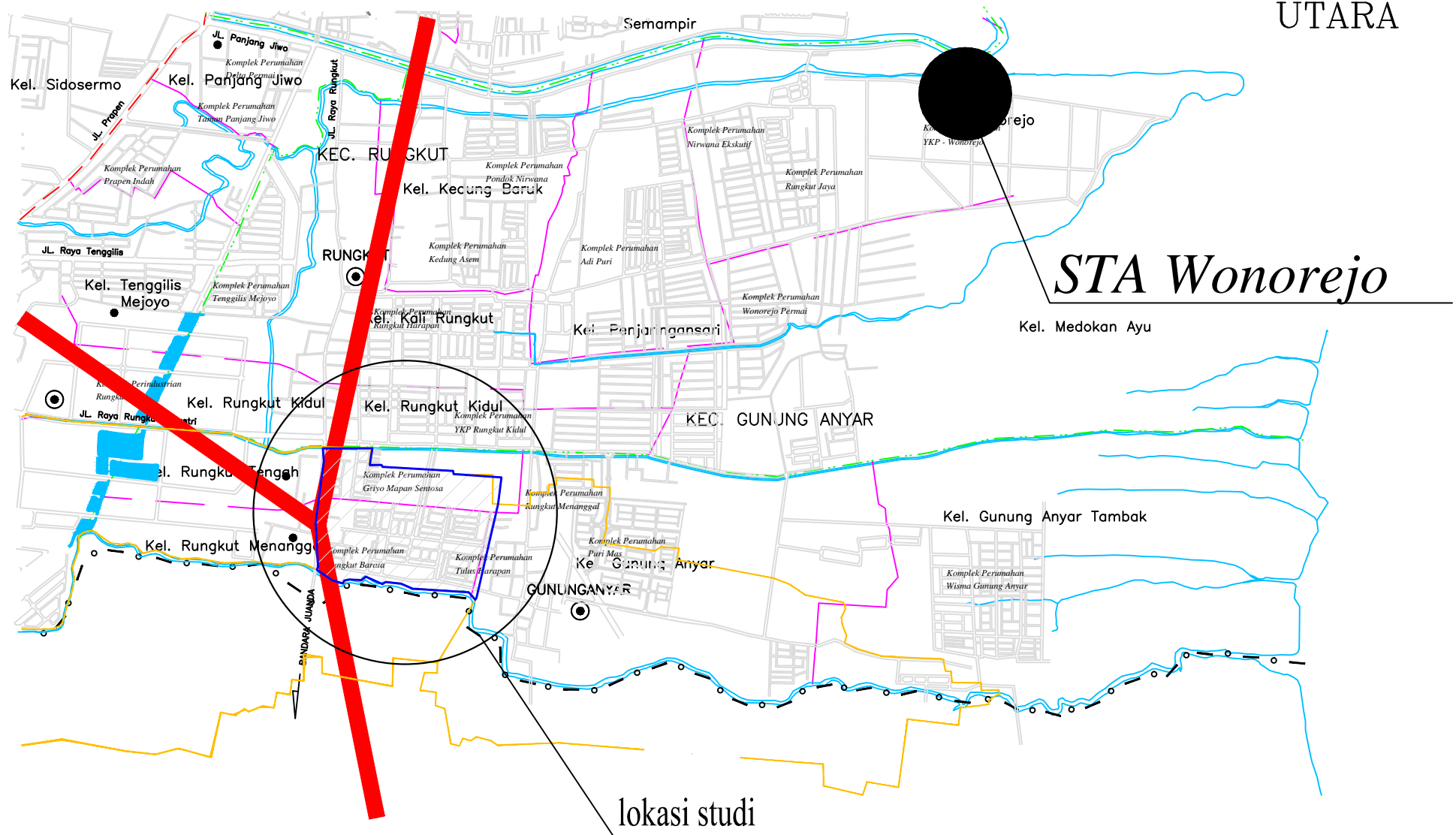
*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*

## DAFTAR LAMPIRAN


Lampiran 1.	Peta Pengaruh Stasiun Hujan .
Lampiran 2	Peta Skema Titik Kontrol.
Lampiran 3.	Potongan Memanjang Pengaruh Backwater.
Lampiran 4.	Rencana Desain Potongan Memanjang terhadap Debit Banjir dan Pengaruh Backwater dari Primer Perbatasan.
Lampiran 5.	Desain Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Barata Sta +0.000
Lampiran 6	Desain Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Barata Sta +0.100
Lampiran 7.	Desain Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Barata Sta +0.200
Lampiran 8.	Desain Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Barata Sta +0.300
Lampiran 9.	Desain Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Barata Sta +0.400
Lampiran 10.	Desain Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Barata Sta +0.500
Lampiran 11.	Desain Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Barata Sta +0.600
Lampiran 12.	Desain Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Barata Sta +0.700
Lampiran 13.	Desain Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Barata Sta +0.800
Lampiran 14.	Desain Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Barata Sta +0.900
Lampiran 15.	Desain Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Barata Sta +1.000
Lampiran 16.	Desain Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Barata Sta +1.100
Lampiran 17.	Desain Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Barata Sta +1.200

- Lampiran 18. Desain Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Barata Sta +1.300
- Lampiran 19. Desain Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Barata Sta +1.400
- Lampiran 20. Desain Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Barata Sta +1.500
- Lampiran 21. Desain Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Barata Sta +1.514
- Lampiran 22. Desain Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Menanggal Sta +0.000
- Lampiran 23. Desain Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Menanggal Sta +0.100
- Lampiran 24. Desain Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Menanggal Sta +0.200
- Lampiran 25. Desain Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Menanggal Sta +0.300
- Lampiran 26. Desain Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Menanggal Sta +0.400
- Lampiran 27. Desain Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Menanggal Sta +0.500
- Lampiran 28. Desain Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Menanggal Sta +0.600
- Lampiran 29. Desain Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Menanggal Sta +0.700
- Lampiran 30. Desain Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Menanggal Sta +0.800
- Lampiran 31. Desain Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Menanggal Sta +0.900
- Lampiran 32. Desain Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Menanggal Sta +0.950
- Lampiran 33. Rencana Desain Skema Rumah Pompa
- Lampiran 34. Rencana Desain Potongan Melintang Rumah Pompa.

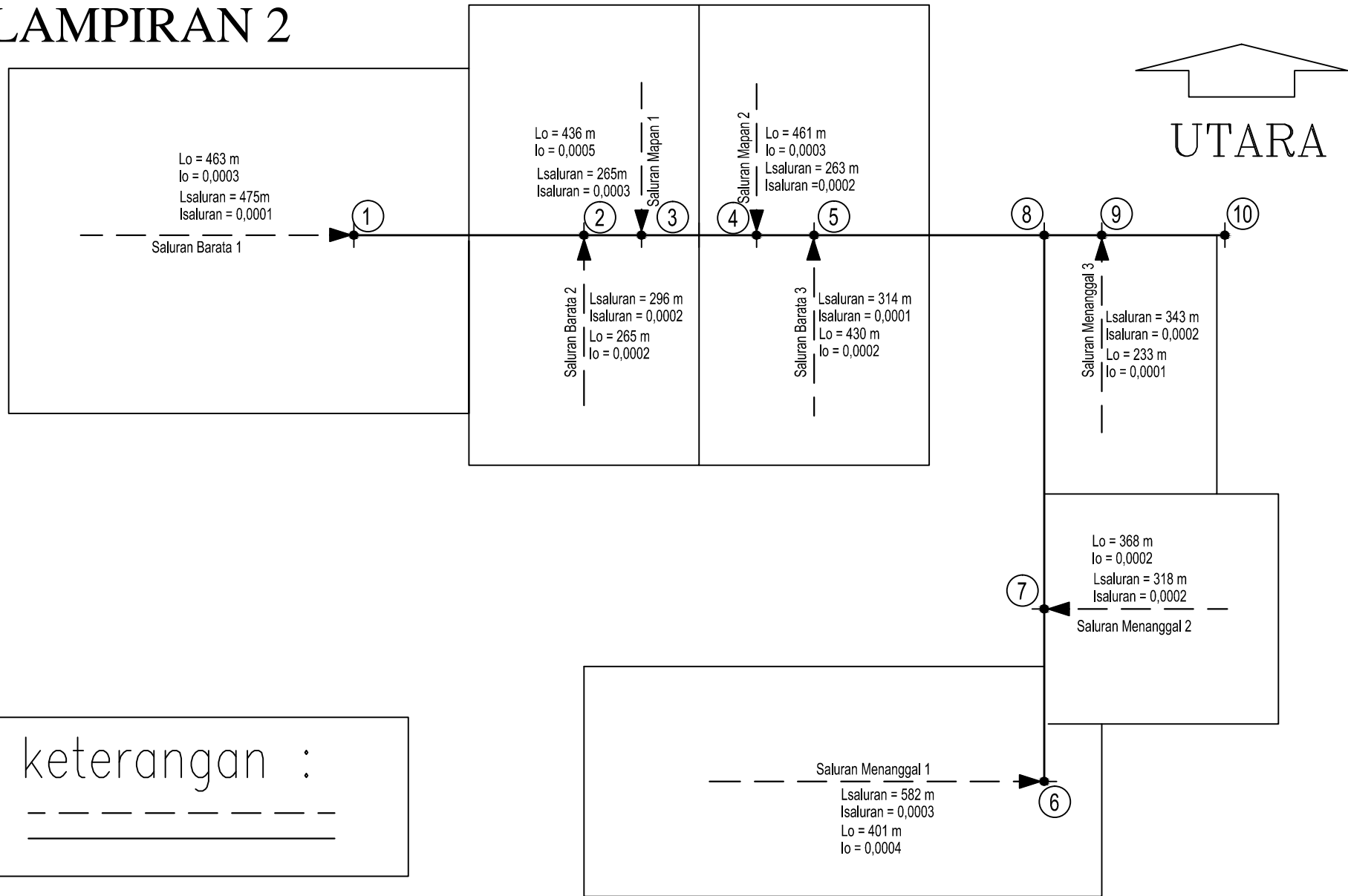
# LAMPIRAN 1




Gambar 4.1 Peta Pengaruh Stasiun Hujan

 <p>PROGRAM DIPLOMA EMPAT LANJUT JENJANG DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL FAKULTAS VOKASI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA 2017</p>		Judul Gambar	
Judul Proyek Akhir		Peta Pengaruh Stasiun Hujan	
Dosen Pembimbing		Mahasiswa	
<p>Siti Kamila Aziz, ST., MT. NIP. : 19771231 200604 2 001</p>		<p>Ivanda kurnianto NRP. : 3116040513</p>	

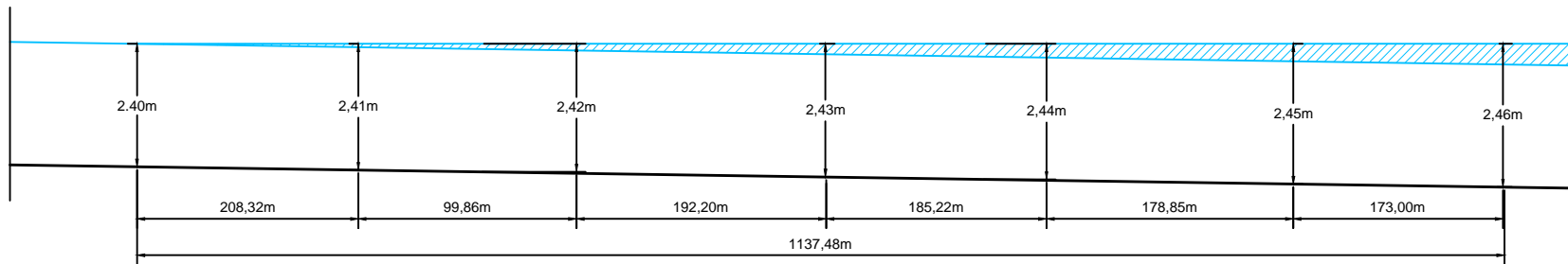
# LAMPIRAN 2



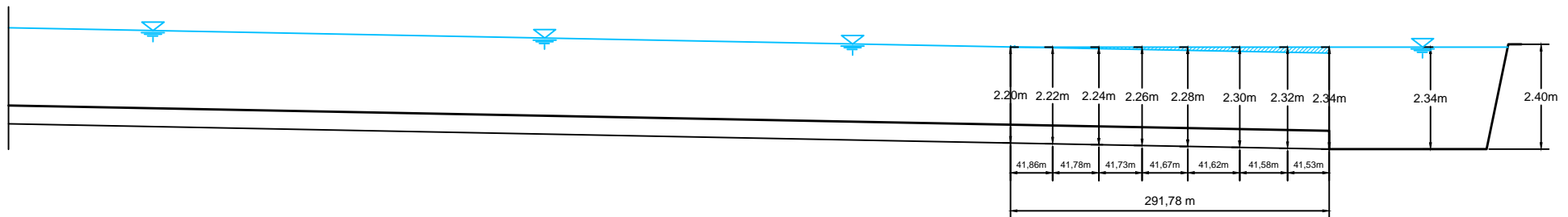
Gambar 4.2 Peta Skema Titik Kontrol

 <b>ITS</b> <small>Institut Teknologi Sepuluh Nopember</small>		Judul Gambar	
<small>PROGRAM DIPLOMA EMPAT LANJUT JENJANG DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL FAKULTAS VOKASI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA 2017</small>		Skema Jaringan Titik Kontrol	
Judul Proyek Akhir		Dosen Pembimbing	Mahasiswa
<small>RENCANA PENGENDALIAN BANJIR DI SALURAN SEKUNDER RUNGKUT BARATA DAN RUNGKUT MENANGGAL KOTA SURABAYA</small>		<b>Siti Kamilia Aziz,ST.MT</b> <small>NIP : 19771231 200604 2 001</small>	<b>Ivanda kurnianto</b> <small>NRP: 3116040513</small>

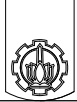
## LAMPIRAN 3



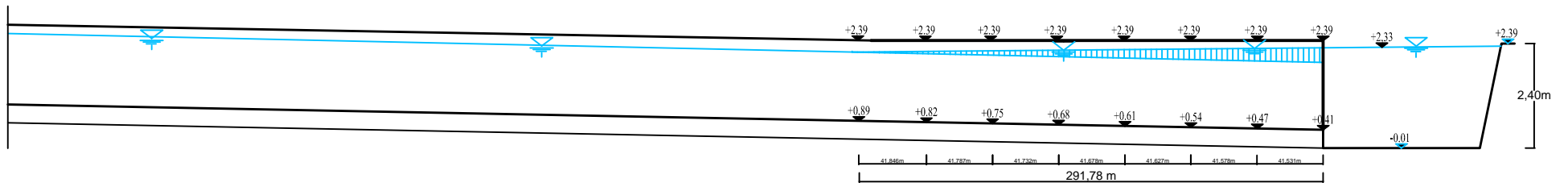
Gambar 4.10 Potongan Memanjang Pengaruh Backwater Saluran Primer Terhadap Pasang Surut Air laut



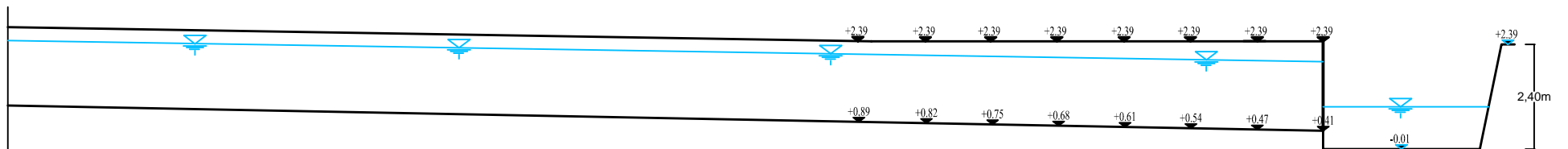
Gambar 4.11 Potongan Memanjang Pengaruh Backwater Saluran Sekunder Rungkut Barata Terhadap Saluran Primer Perbatasan

 <p>PROGRAM DIPLOMA EMPAT LANJUT JENJANG DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL FAKULTAS VOKASI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA 2017</p>		Judul Gambar	
Judul Proyek Akhir		Potongan Memanjang Pengaruh Backwater	
RENCANA PENGENDALIAN BANJIR DI SALURAN SEKUNDER RUNGKUT BARATA DAN RUNGKUT MENANGGAL KOTA SURABAYA		Dosen Pembimbing	Mahasiswa
		Siti Kamilia Aziz,ST,MT NIP : 19771231 200604 2 001	Ivanda kurnianto NRP: 3116040513


# LAMPIRAN 4



Gambar 4.12 Rencana Desain Potongan Memanjang terhadap Debit Banjir

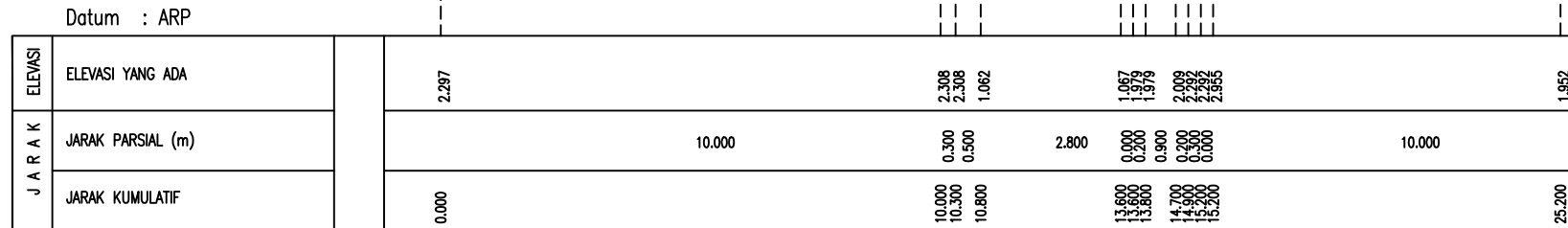


Gambar 4.13 Rencana Desain Potongan Memanjang terhadap Debit Banjir dan Pengaruh Backwater dari Primer Perbatasan

 <p>PROGRAM DIPLOMA EMPAT LANJUT JENJANG DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL FAKULTAS VOKASI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA 2017</p>		Judul Gambar	
Judul Proyek Akhir		Potongan Memanjang Pengaruh Backwater	
RENCANA PENGENDALIAN BANJIR DI SALURAN SEKUNDER RUNGKUT BARATA DAN RUNGKUT MENANGGAL KOTA SURABAYA		Dosen Pembimbing	Mahasiswa
		Siti Kamilia Aziz,ST.MT NIP : 19771231 200604 2 001	Ivanda kurnianto NRP: 3116040513

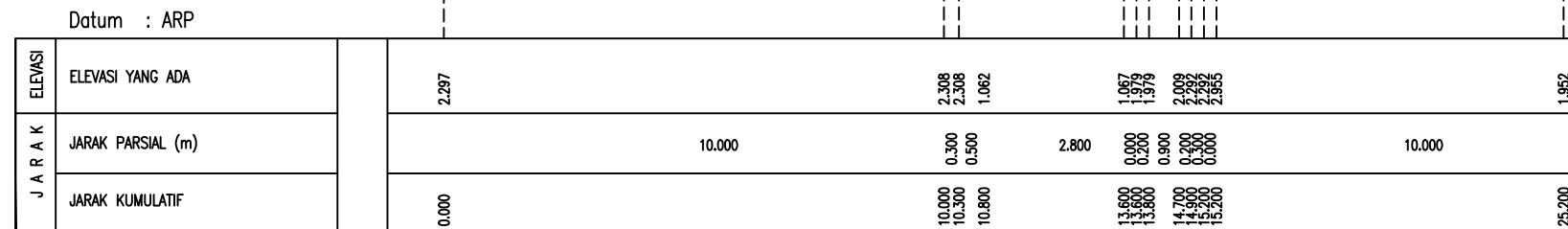


# LAMPIRAN 5




Gambar 4.14 Eksisting potongan melintang saluran Rungkut Barata Sta +0.000

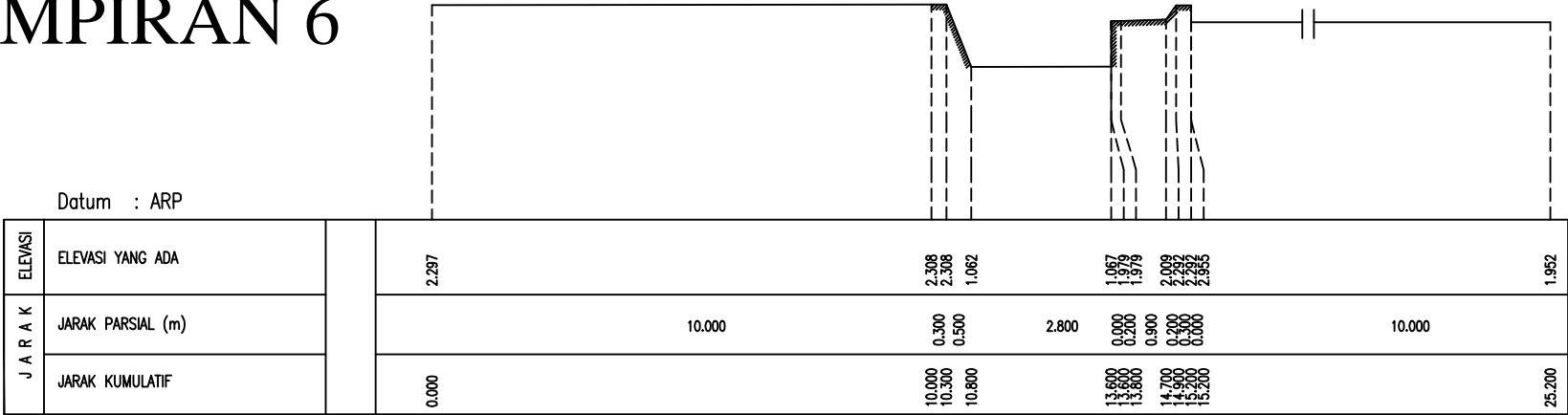
JENIS KEGIATAN	
Luas Pasangan	: 1,5 m2
Luas Galian	: 3,04 m2
Luas Plesteran	: 4,47m



Gambar 4.14 Desain potongan melintang saluran Rungkut Barata Sta +0.000

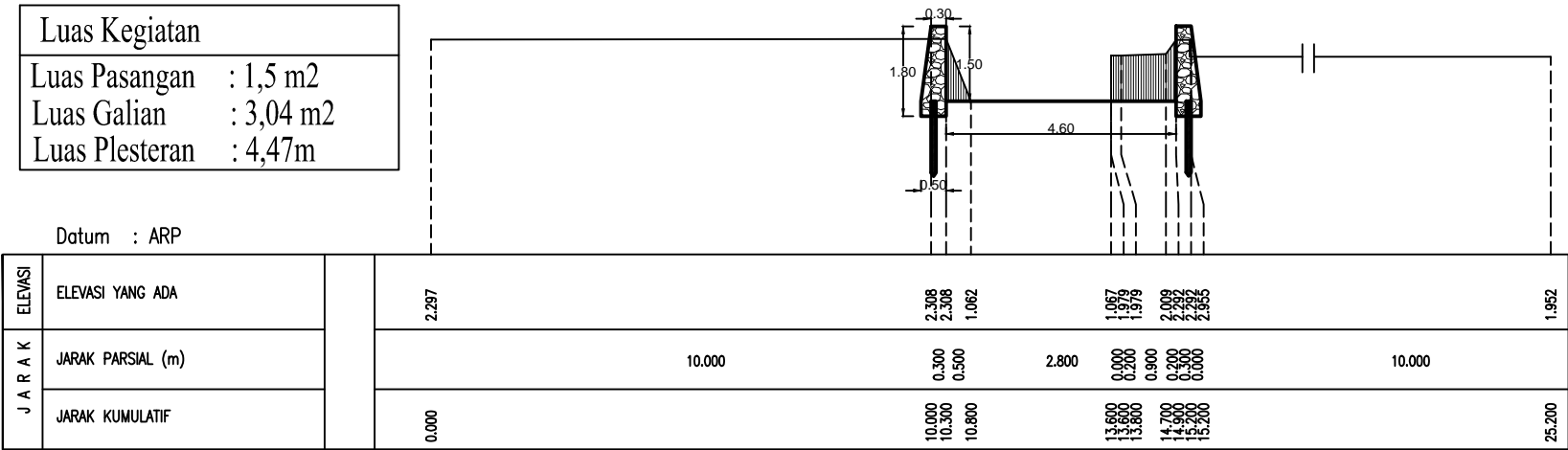
 <p>PROGRAM DIPLOMA EMPAT LANJUT JENJANG DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL FAKULTAS VOKASI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA 2017</p>		Judul Gambar	
Judul Proyek Akhir		Desain Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Barata Sta +0.000	
RENCANA PENGENDALIAN BANJIR DI SALURAN SEKUNDER RUNGKUT BARATA, DAN RUNGKUT MENANGGAL KOTA SURABAYA		Dosen Pembimbing	Mahasiswa
		Siti Kamilia Aziz,ST.MT NIP : 19771231 200604 2 001	Ivanda kurnianto NRP: 3116040513

# LAMPIRAN 6



Gambar 4.15 Eksisting potongan melintang saluran Rungkut Barata Sta +0.100

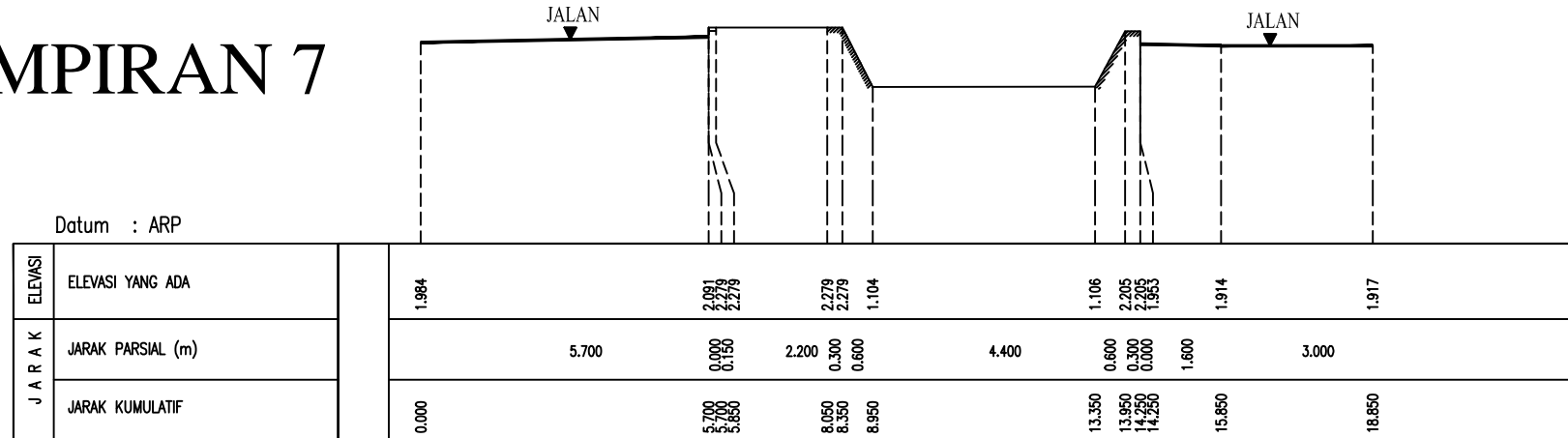
Luas Kegiatan	
Luas Pasangan	: 1,5 m2
Luas Galian	: 3,04 m2
Luas Plesteran	: 4,47m



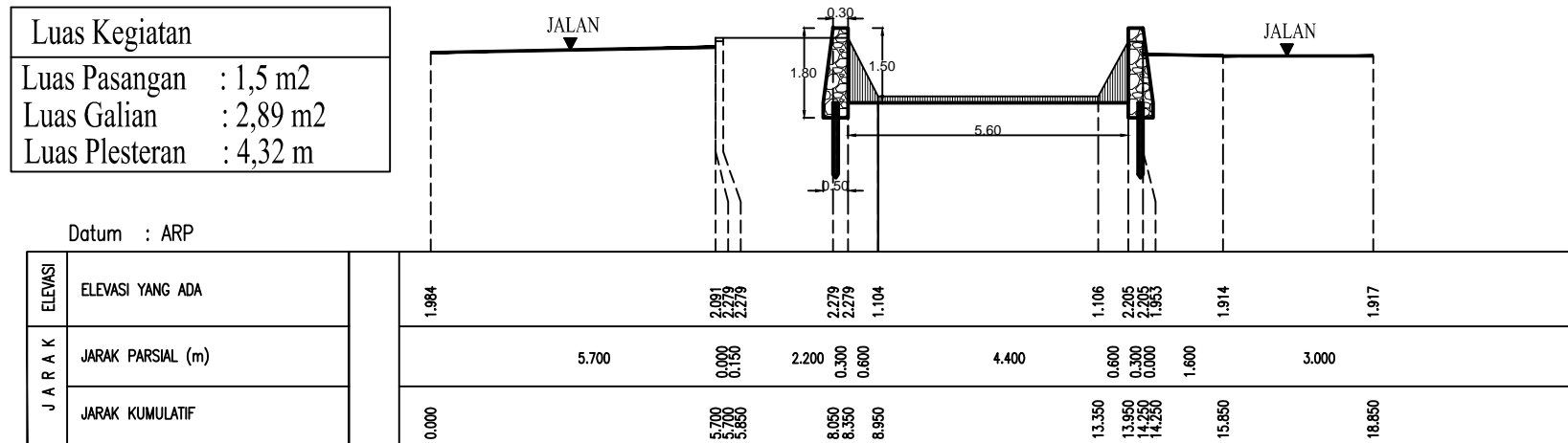
Gambar 4.15 Desain potongan melintang saluran Rungkut Barata Sta +0.100

		Judul Gambar	
PROGRAM DIPLOMA EMPAT LANJUT JENJANG DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL FAKULTAS VOKASI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA 2017		Desain Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Barata Sta +0.100	
Judul Proyek Akhir		Dosen Pembimbing	Mahasiswa
RENCANA PENGENDALIAN BANJIR DI SALURAN SEKUNDER RUNGKUT BARATA, DAN RUNGKUT MENANGGAL KOTA SURABAYA		Siti Kamilia Aziz,ST.MT NIP : 19771231 200604 2 001	Ivanda kurnianto NRP: 3116040513


# LAMPIRAN 7



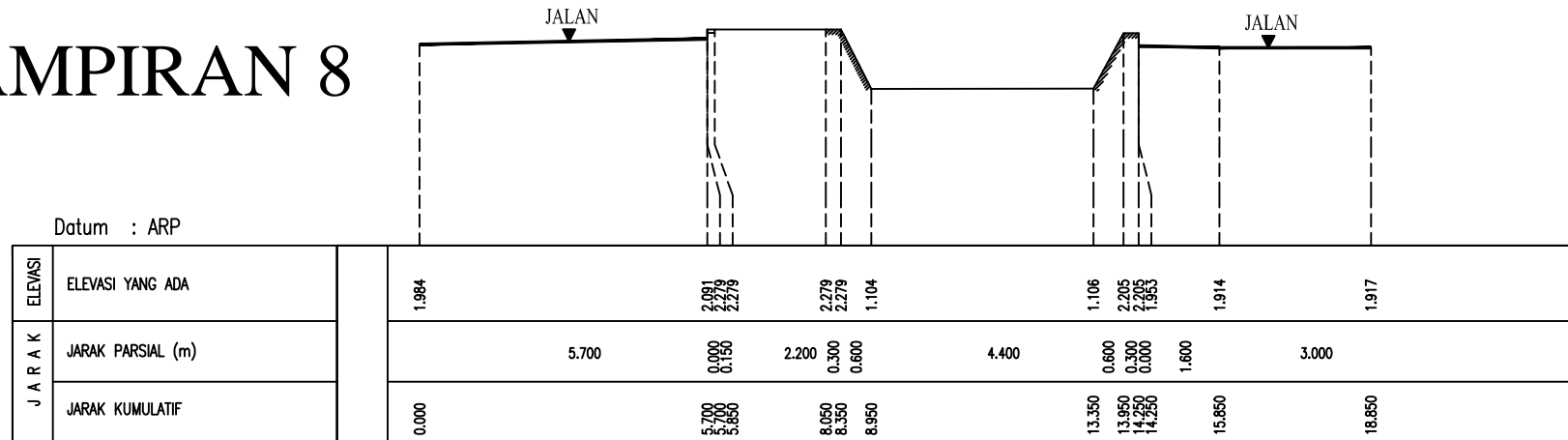
Gambar 4.16 Eksisting potongan melintang saluran Rungkut Barata Sta +0.200



Gambar 4.16 Desain potongan melintang saluran Rungkut Barata Sta +0.200

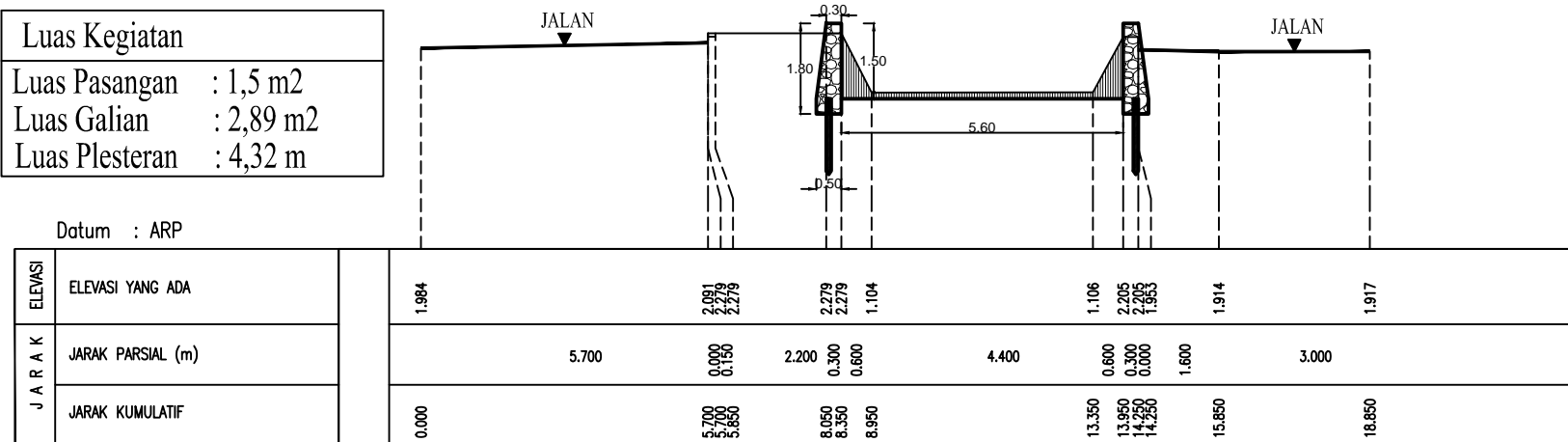
 PROGRAM DIPLOMA EMPAT LANJUT JENJANG DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL FAKULTAS VOKASI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA 2017		Judul Gambar	
Judul Proyek Akhir		Desain Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Barata Sta +0.200	
RENCANA PENGENDALIAN BANJIR DI SALURAN SEKUNDER RUNGKUT BARATA DAN RUNGKUT MENANGGAL KOTA SURABAYA		Dosen Pembimbing	Mahasiswa
		Siti Kamilia Aziz,ST.MT NIP : 19771231 200604 2 001	Ivanda kurnianto NRP: 3116040513

# LAMPIRAN 8



Gambar 4.17 Eksisting potongan melintang saluran Rungkut Barata Sta +0.300

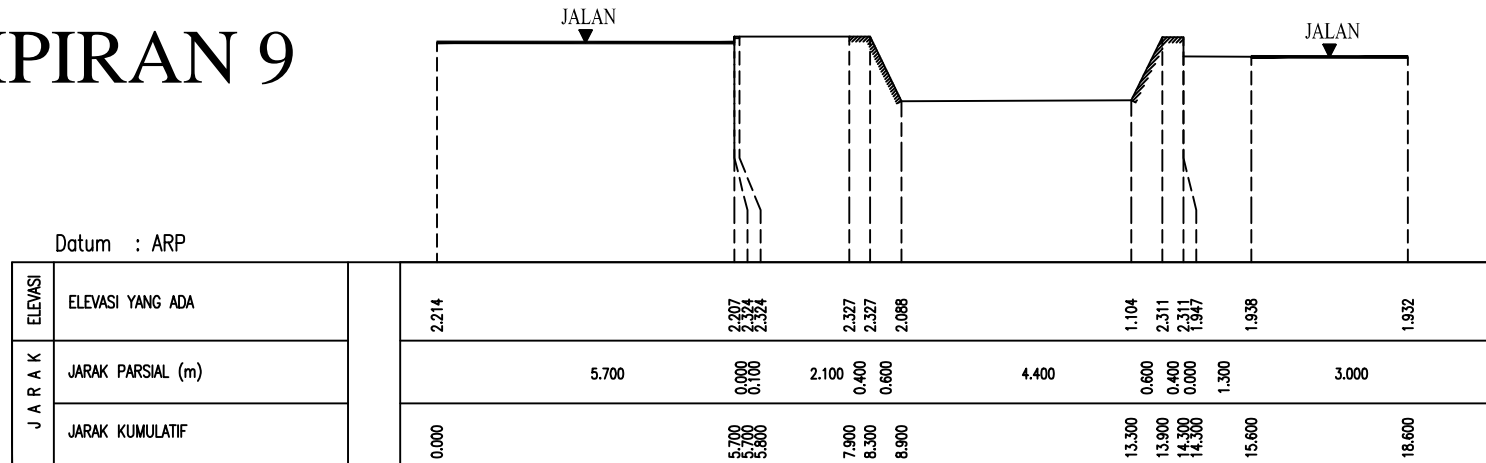
Luas Kegiatan	
Luas Pasangan	: 1,5 m <sup>2</sup>
Luas Galian	: 2,89 m <sup>2</sup>
Luas Plesteran	: 4,32 m



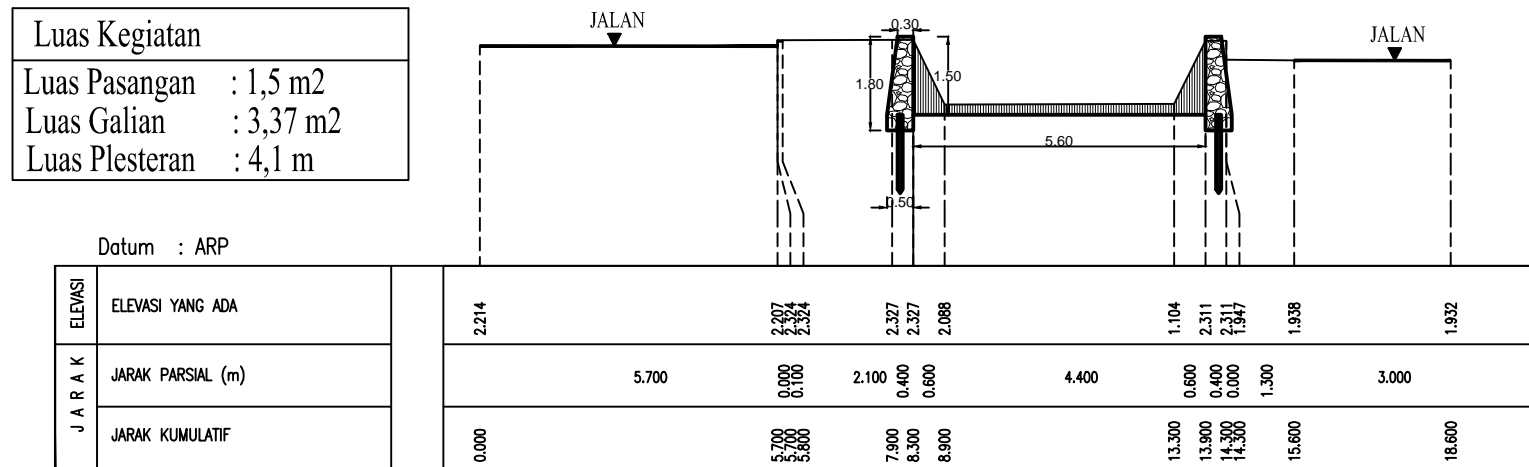
Gambar 4.17 Desain potongan melintang saluran Rungkut Barata Sta +0.300

		Judul Gambar	
PROGRAM DIPLOMA EMPAT LANJUT JENJANG DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL FAKULTAS VOKASI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA 2017		Desain Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Barata Sta +0.300	
Judul Proyek Akhir		Dosen Pembimbing	Mahasiswa
RENCANA PENGENDALIAN BANJIR DI SALURAN SEKUNDER RUNGKUT BARATA DAN RUNGKUT MENANGGAL KOTA SURABAYA		<b>Siti Kamilia Aziz,ST.MT</b> NIP : 19771231 200604 2 001	<b>Ivanda kurnianto</b> NRP: 3116040513

# LAMPIRAN 9



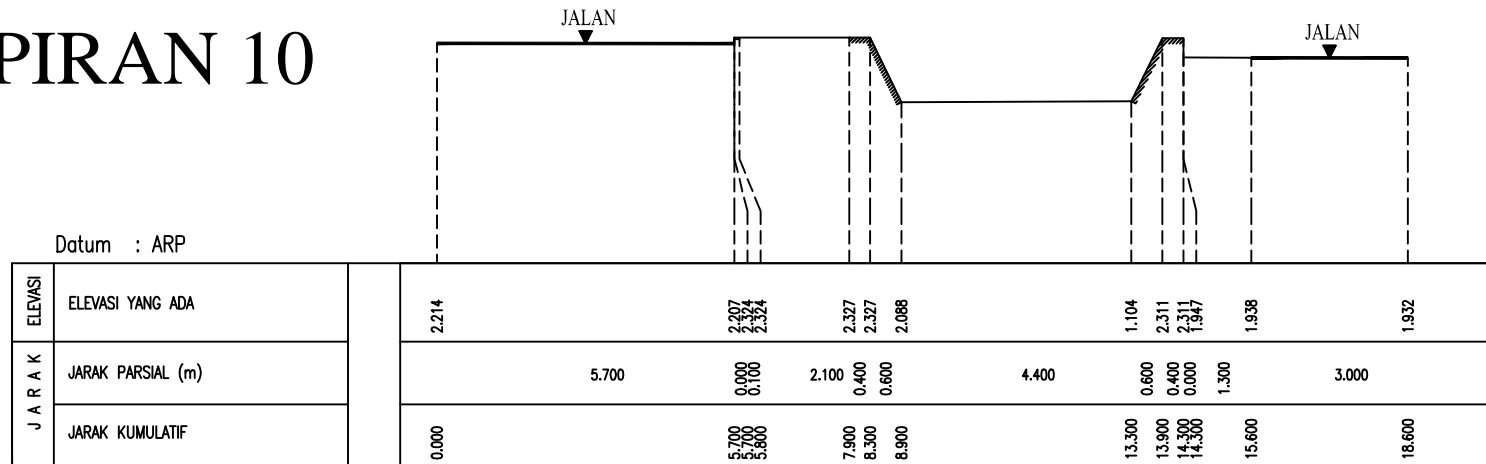
Gambar 4.18 Eksisting potongan melintang saluran Rungkut Barata Sta +0.400



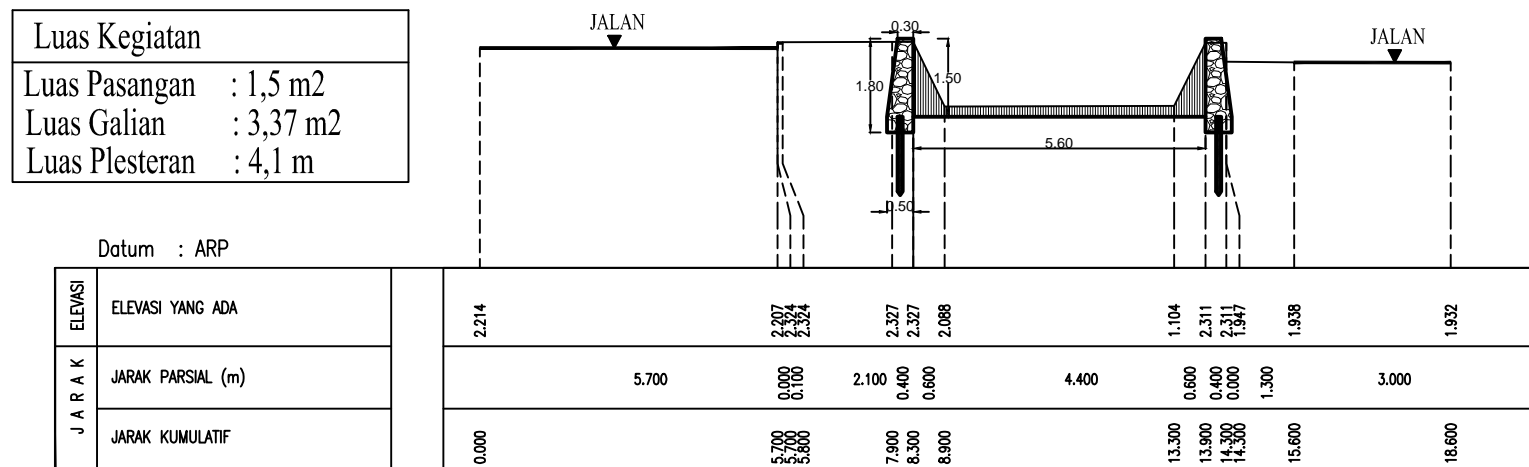
Gambar 4.18 Desain potongan melintang saluran Rungkut Barata Sta +0.400

		Judul Gambar	
PROGRAM DIPLOMA EMPAT LANJUT JENJANG DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL FAKULTAS VOKASI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA 2017		Desain Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Barata Sta +0.400	
Judul Proyek Akhir		Dosen Pembimbing	Mahasiswa
RENCANA PENGENDALIAN BANJIR DI SALURAN SEKUNDER RUNGKUT BARATA, DAN RUNGKUT MENANGGAL KOTA SURABAYA		<b>Siti Kamilia Aziz,ST.MT</b> NIP : 19771231 200604 2 001	<b>Ivanda kurnianto</b> NRP : 3116040513

# LAMPIRAN 10



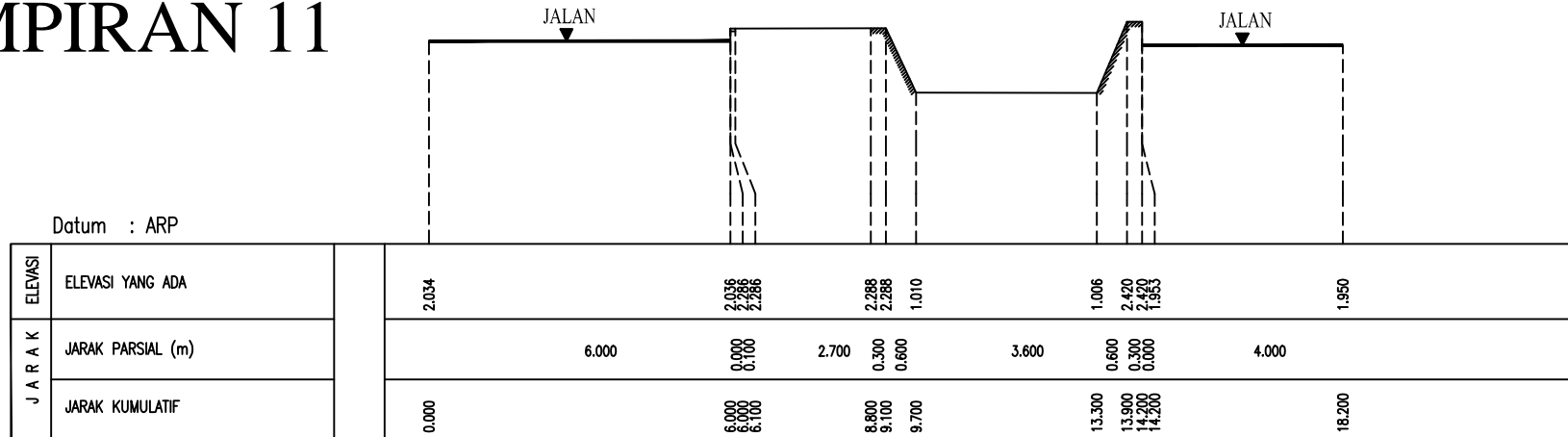
Gambar 4.19 Eksisting potongan melintang saluran Rungkut Barata Sta +0.500



Gambar 4.19 Desain potongan melintang saluran Rungkut Barata Sta +0.500

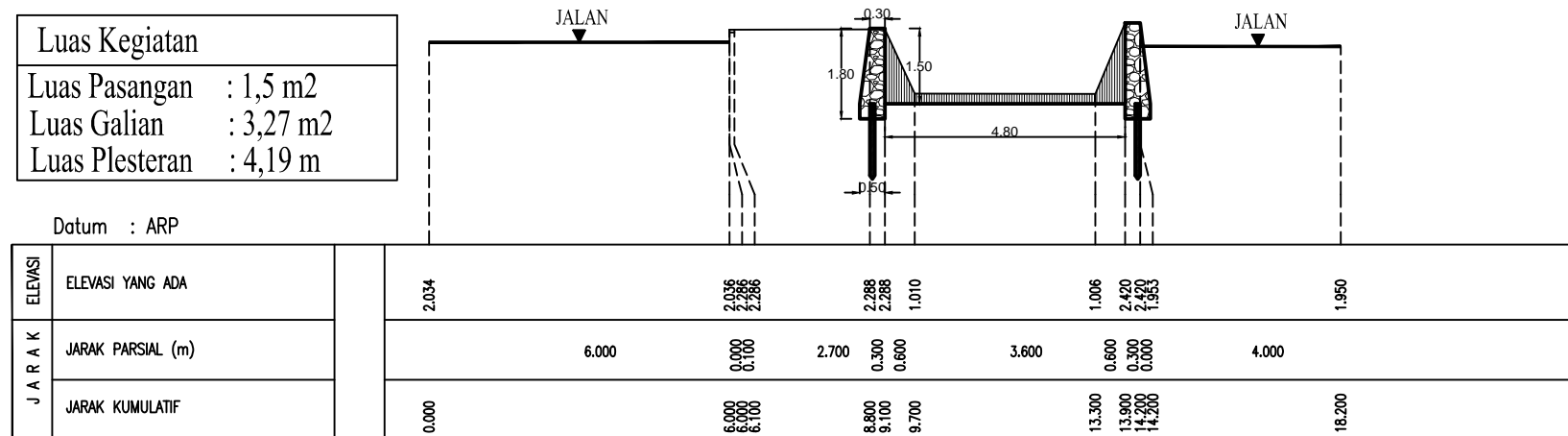
		Judul Gambar	
PROGRAM DIPLOMA EMPAT LANJUT JENJANG DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL FAKULTAS VOKASI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA 2017		Desain Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Barata Sta +0.500	
Judul Proyek Akhir		Dosen Pembimbing	Mahasiswa
RENCANA PENGENDALIAN BANJIR DI SALURAN SEKUNDER RUNGKUT BARATA, DAN RUNGKUT MENANGGAL KOTA SURABAYA		Siti Kamilia Aziz,ST.MT NIP : 19771231 200604 2 001	Ivanda kurnianto NRP : 3116040513

# LAMPIRAN 11




Gambar 4.20 Eksisting potongan melintang saluran Rungkut Barata Sta +0.600

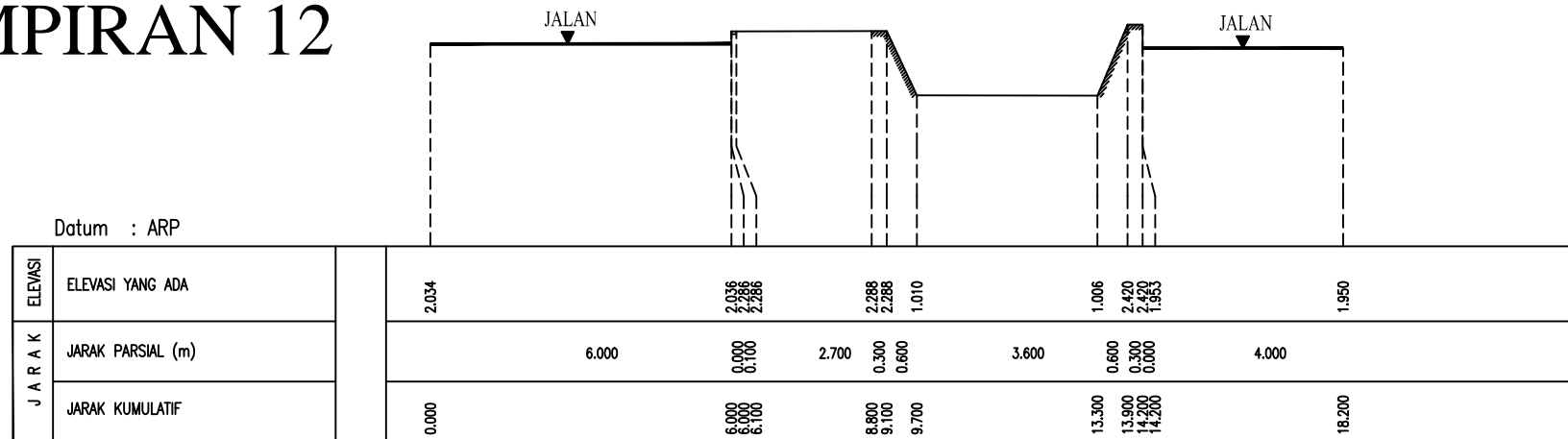
Luas Kegiatan	
Luas Pasangan	: 1,5 m <sup>2</sup>
Luas Galian	: 3,27 m <sup>2</sup>
Luas Plesteran	: 4,19 m



Gambar 4.20 Desain potongan melintang saluran Rungkut Barata Sta +0.600

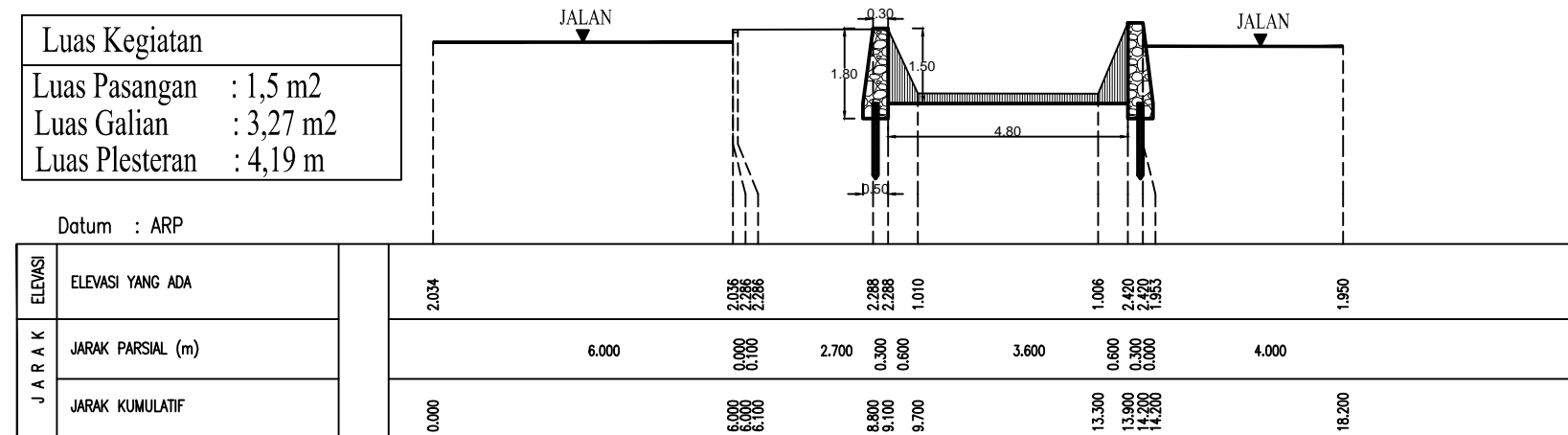
 <p>PROGRAM DIPLOMA EMPAT LANJUT JENJANG DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL FAKULTAS VOKASI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA 2017</p>		Judul Gambar	
Judul Proyek Akhir		Desain Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Barata Sta +0.600	
Dosen Pembimbing		Mahasiswa	
<p>RENCANA PENGENDALIAN BANJIR DI SALURAN SEKUNDER RUNGKUT BARATA, DAN RUNGKUT MENANGGAL KOTA SURABAYA</p>		<p><b>Siti Kamilia Aziz,ST.MT</b> NIP : 19771231 200604 2 001</p>	<p><b>Ivanda kurnianto</b> NRP : 3116040513</p>

# LAMPIRAN 12



Gambar 4.21 Desain potongan melintang saluran Rungkut Barata Sta +0.700

Luas Kegiatan	
Luas Pasangan	: 1,5 m <sup>2</sup>
Luas Galian	: 3,27 m <sup>2</sup>
Luas Plesteran	: 4,19 m

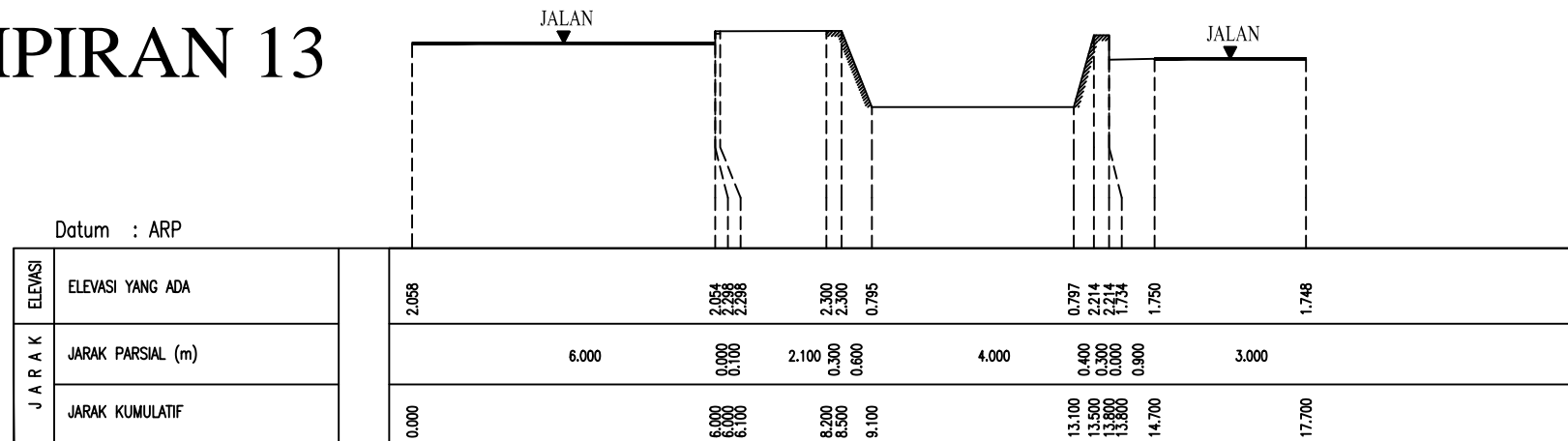


Gambar 4.21 Desain potongan melintang saluran Rungkut Barata Sta +0.700

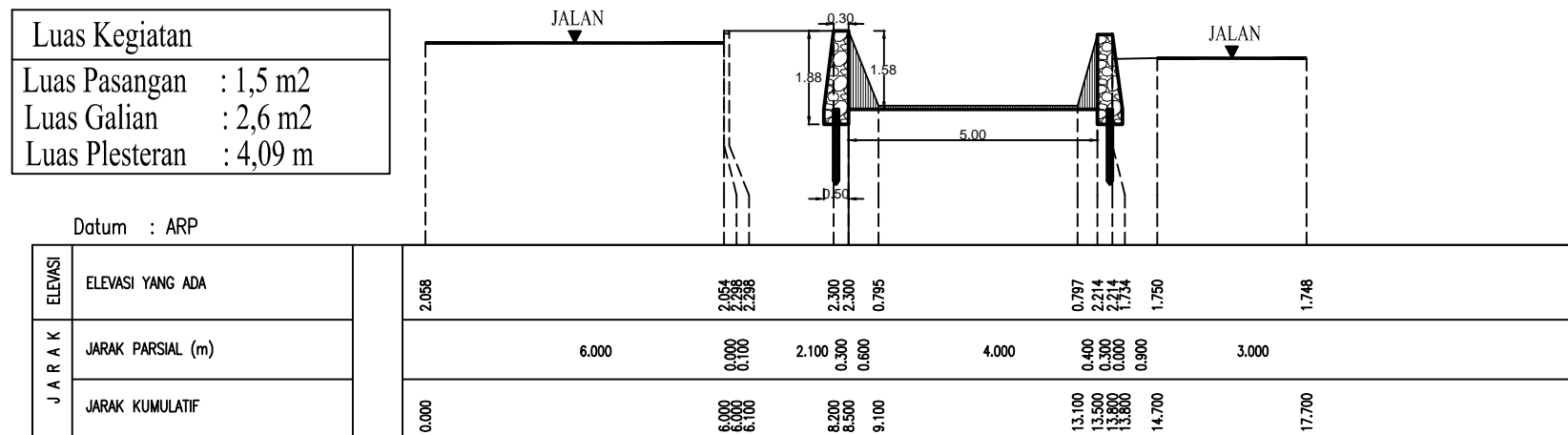
		Judul Gambar	
PROGRAM DIPLOMA EMPAT LANJUT JENJANG DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL FAKULTAS VOKASI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA 2017		Desain Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Barata Sta +0.700	
Judul Proyek Akhir		Dosen Pembimbing	Mahasiswa
RENCANA PENGENDALIAN BANJIR DI SALURAN SEKUNDER RUNGKUT BARATA, DAN RUNGKUT MENANGGAL KOTA SURABAYA		Siti Kamilia Aziz,ST.MT NIP : 19771231 200604 2 001	Ivanda kurnianto NRP: 3116040513




# LAMPIRAN 13



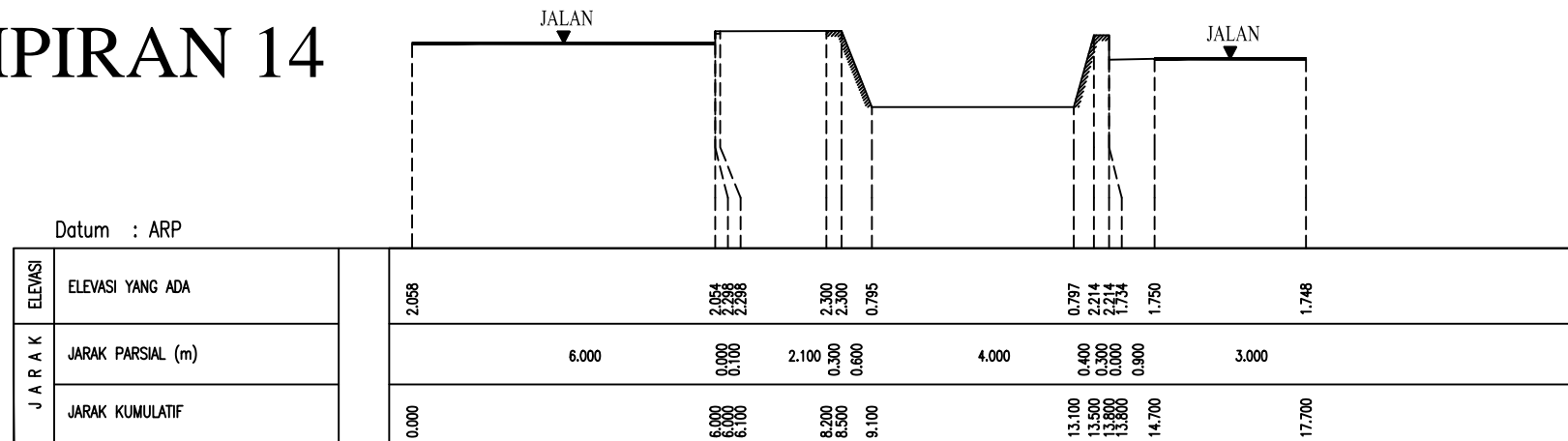
Gambar 4.22 Eksisting potongan melintang saluran Rungkut Barata Sta +0.800



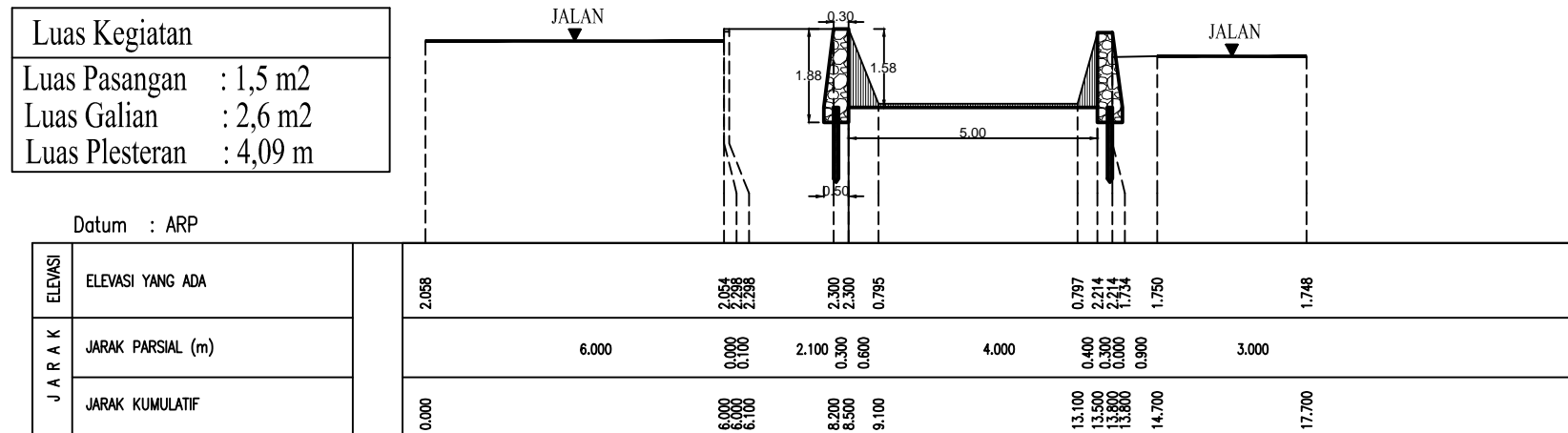
Gambar 4.22 Desain potongan melintang saluran Rungkut Barata Sta +0.800

 <p>PROGRAM DIPLOMA EMPAT LANJUT JENJANG DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL FAKULTAS VOKASI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA 2017</p>		Judul Gambar	
Judul Proyek Akhir		Desain Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Barata Sta +0.800	
RENCANA PENGENDALIAN BANJIR DI SALURAN SEKUNDER RUNGKUT BARATA, DAN RUNGKUT MENANGGAL KOTA SURABAYA		Dosen Pembimbing	Mahasiswa
		Siti Kamilia Aziz,ST.MT NIP : 19771231 200604 2 001	Ivanda kurnianto NRP: 3116040513


# LAMPIRAN 14



Gambar 4.23 Eksisting potongan melintang saluran Rungkut Barata Sta +0.900

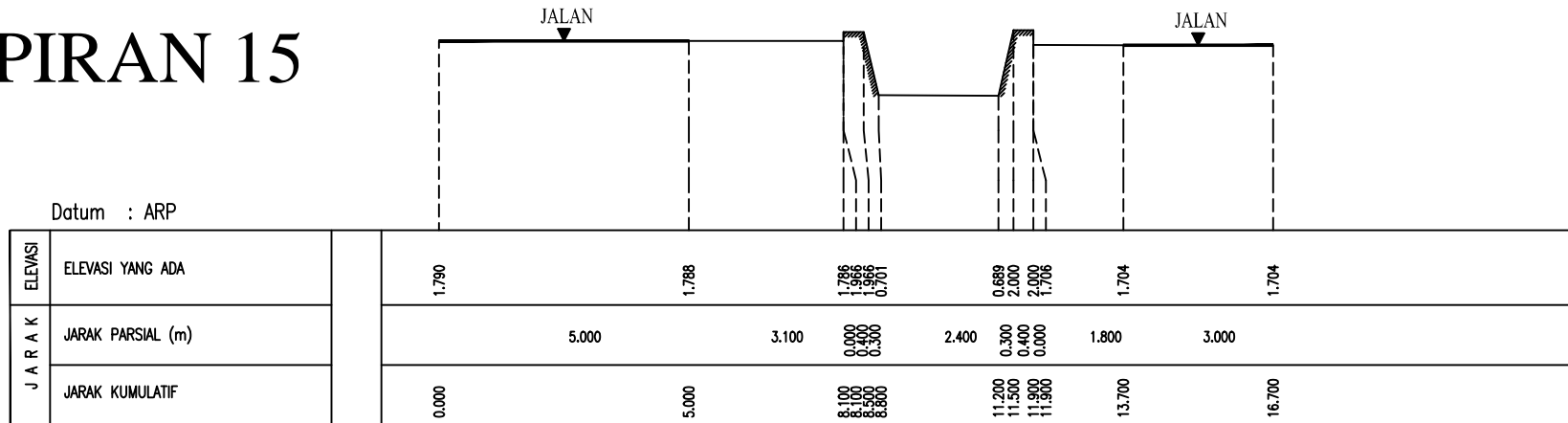


Gambar 4.23 Desain potongan melintang saluran Rungkut Barata Sta +0.900

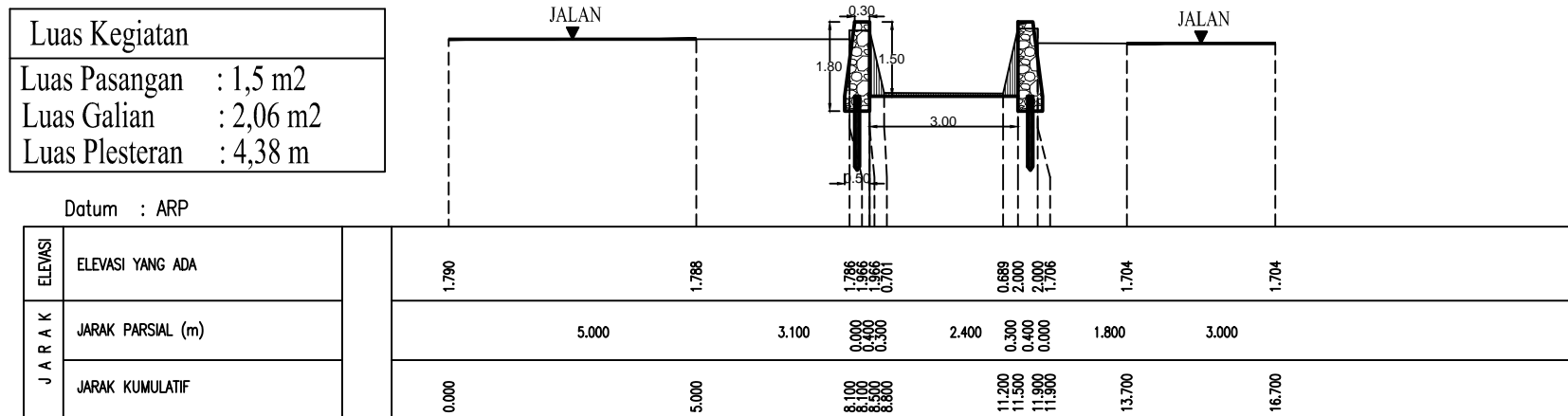
 <p>PROGRAM DIPLOMA EMPAT LANJUT JENJANG DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL FAKULTAS VOKASI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA 2017</p>		Judul Gambar	
Judul Proyek Akhir		Desain Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Barata Sta +0.900	
Dosen Pembimbing		Mahasiswa	
<p>Siti Kamilia Aziz,ST.MT NIP : 19771231 200604 2 001</p>		<p>Ivanda kurnianto NRP: 3116040513</p>	

RENCANA PENGENDALIAN BANJIR DI SALURAN SEKUNDER RUNGKUT BARATA, DAN RUNGKUT MENANGGAL KOTA SURABAYA


## LAMPIRAN 15



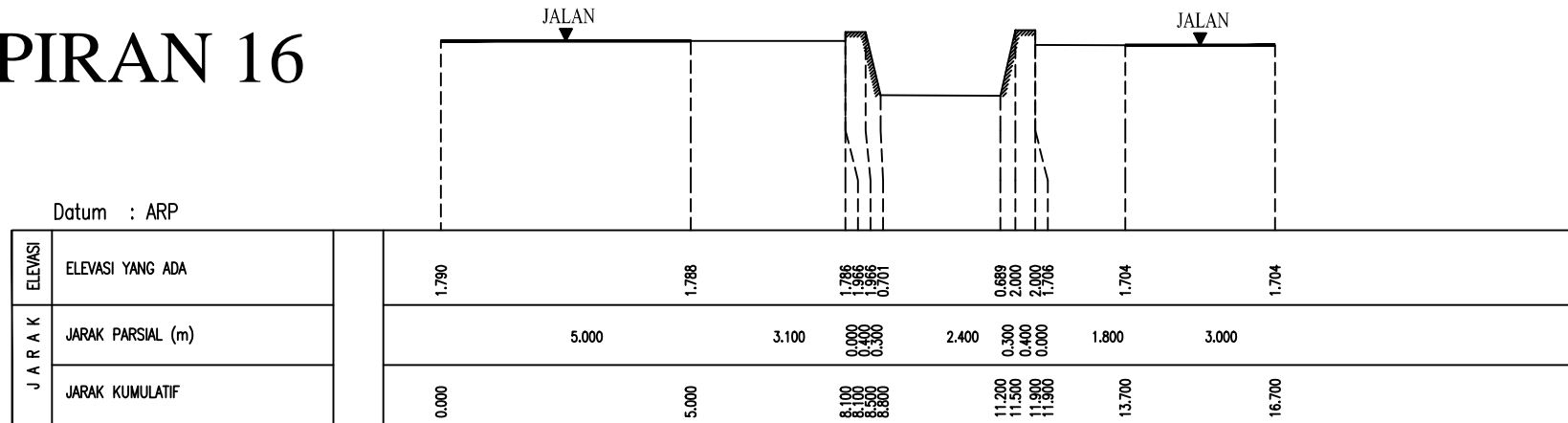
Gambar 4.24 Eksisting potongan melintang saluran Rungkut Barata Sta +1.000



Gambar 4.24 Desain potongan melintang saluran Rungkut Barata Sta +1.000

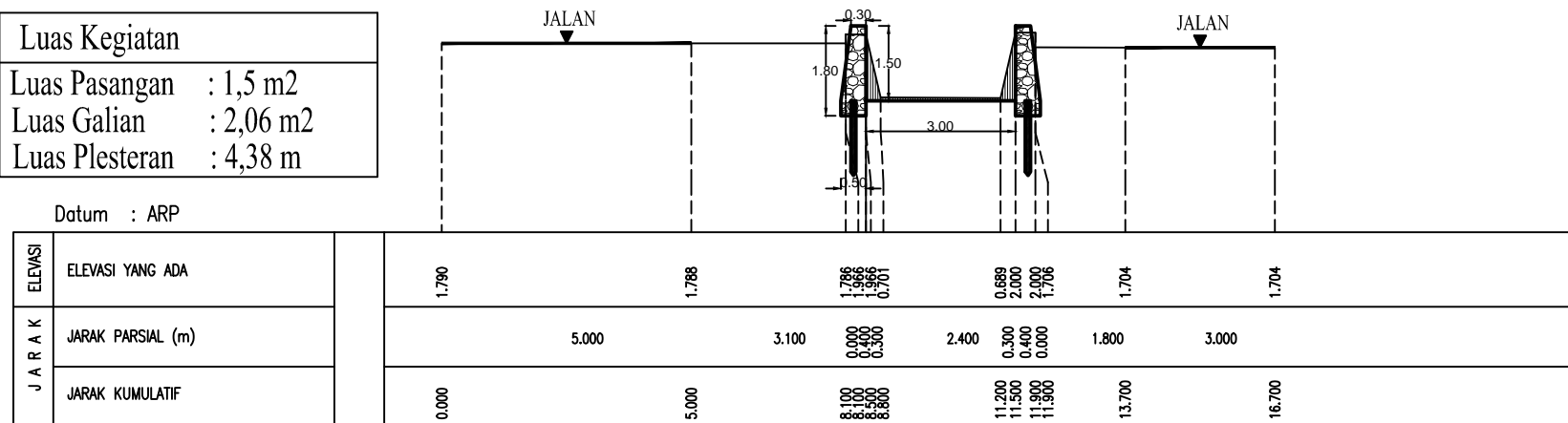
		Judul Gambar	
		Desain Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Barata Sta +1.000	
		Dosen Pembimbing	Mahasiswa
Judul Proyek Akhir		<u>Siti Kamilia Aziz.ST,MT</u> NIP : 19711231 200604 2 001	<u>Ivanda kurnianto</u> NRP: 3116040513
RENCANA PENGANTARAN BANJIR DI SALURAN SEKUNDER RUNGKUT BARATA DAN RUNGKUT MENANGAL KOTA SURABAYA			

# LAMPIRAN 16



Gambar 4.25 Eksisting potongan melintang saluran Rungkut Barata Sta +1.100

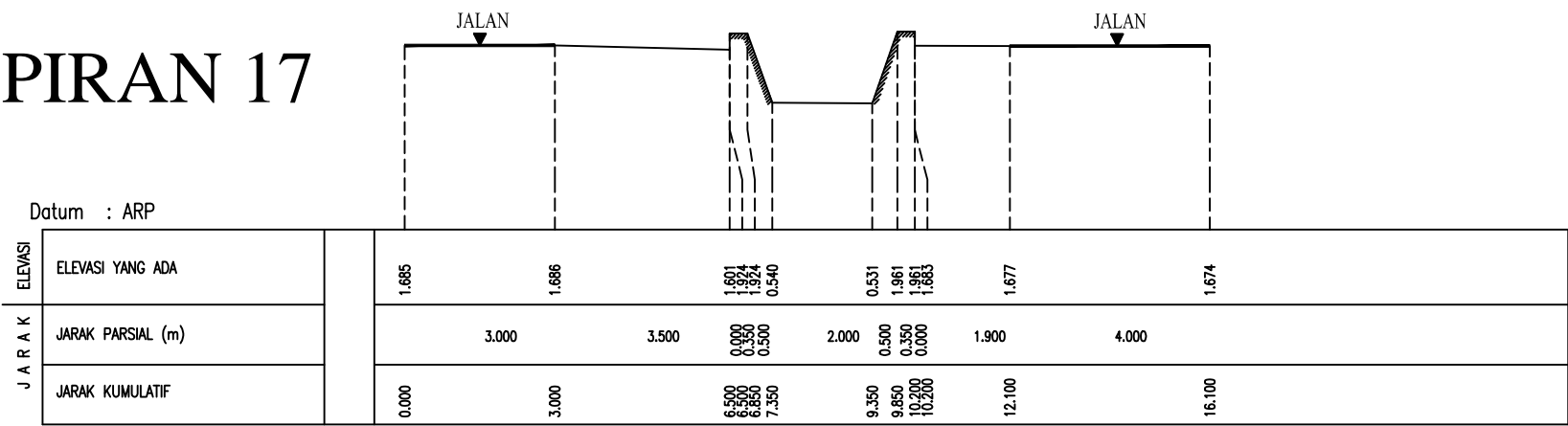
Luas Kegiatan	
Luas Pasangan	: 1,5 m <sup>2</sup>
Luas Galian	: 2,06 m <sup>2</sup>
Luas Plesteran	: 4,38 m



Gambar 4.25 Desain potongan melintang saluran Rungkut Barata Sta +1.100

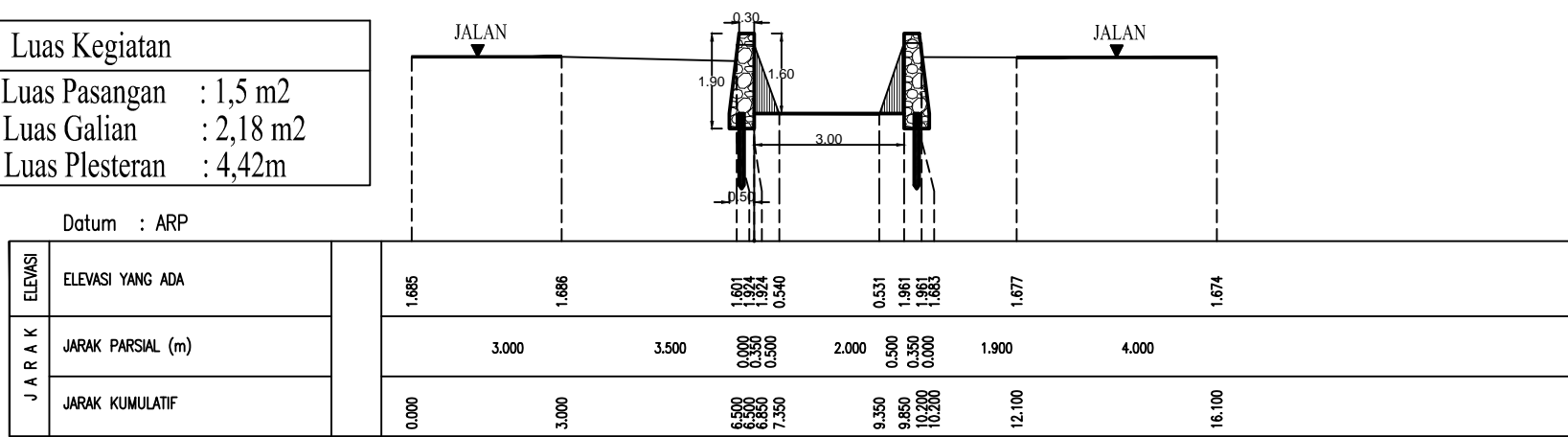
		Judul Gambar	
PROGRAM DIPLOMA EMPAT LANJUT JENJANG DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL FAKULTAS VOKASI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA 2017		Desain Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Barata Sta +1.100	
Judul Proyek Akhir		Dosen Pembimbing	Mahasiswa
RENCANA PENGENDALIAN BANJIR DI SALURAN SEKUNDER RUNGKUT BARATA DAN RUNGKUT MENANGGAL KOTA SURABAYA		Siti Kamilia Aziz,ST.MT NIP : 19771231 200604 2 001	Ivanda kurnianto NRP: 3116040513

LAMPIRAN 17



Gambar 4.26 Desain potongan melintang saluran Rungkut Barata Sta +1.200

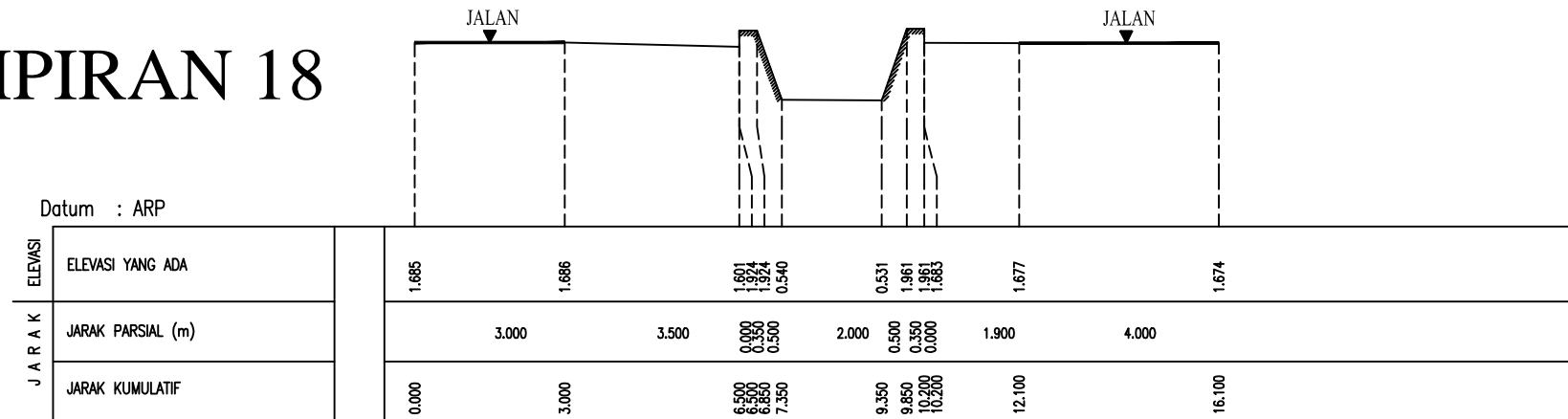
Luas Kegiatan	
Luas Pasangan	: 1,5 m2
Luas Galian	: 2,18 m2
Luas Plesteran	: 4,42m



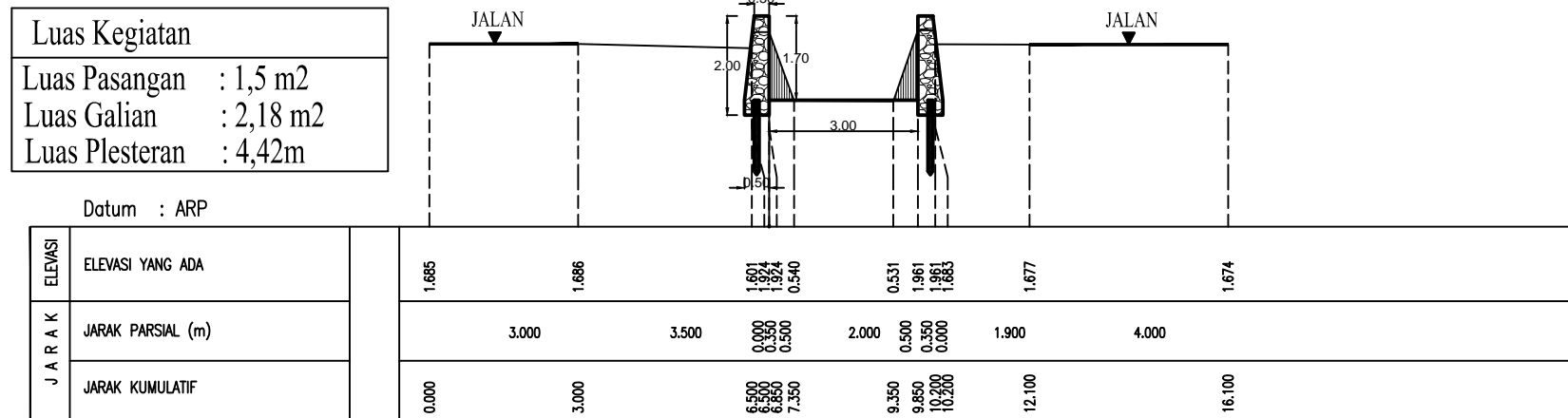
Gambar 4.26 Desain potongan melintang saluran Rungkut Barata Sta +1.200

Judul Gambar	
Desain Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Barata Sta +1.200	
Dosen Pembimbing	Mahasiswa
Siti Kamilia Aziz,ST.MT NIP : 19771231 200604 2 001	Ivanda kurnianto NRP: 3116040513
Judul Proyek Akhir	
RENCANA PENGENDALIAN BANJIR DI SALURAN SEKUNDER RUNGKUT BARATA, DAN RUNGKUT MENANGGAL KOTA SURABAYA	


# LAMPIRAN 18



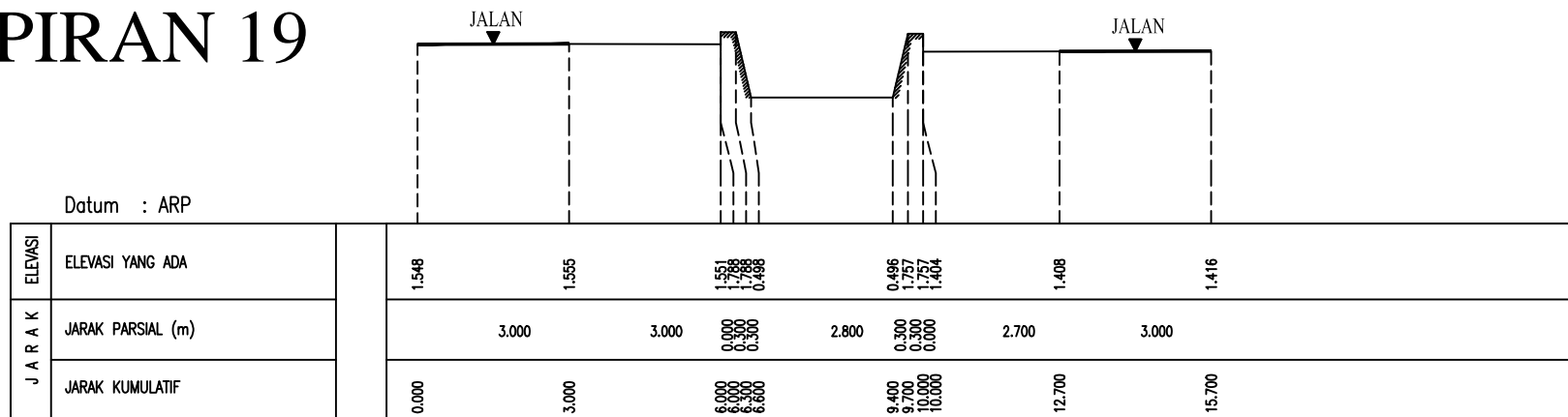
Gambar 4.27 Eksisting potongan melintang saluran Rungkut Barata Sta +1.300



Gambar 4.27 Desain potongan melintang saluran Rungkut Barata Sta +1.300

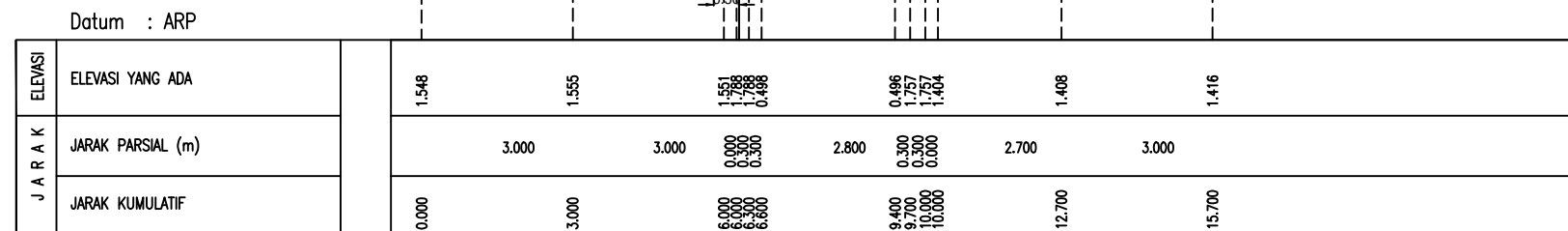
 PROGRAM DIPLOMA EMPAT LANJUT JENJANG DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL FAKULTAS VOKASI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA 2017		Judul Gambar	
Judul Proyek Akhir		Desain Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Barata Sta +1.300	
RENCANA PENGENDALIAN BANJIR DI SALURAN SEKUNDER RUNGKUT BARATA, DAN RUNGKUT MENANGGAL KOTA SURABAYA		Dosen Pembimbing	Mahasiswa
		Siti Kamilia Aziz,ST.MT NIP : 19771231 200604 2 001	Ivanda kurnianto NRP: 3116040513

# LAMPIRAN 19



Gambar 4.28 Eksisting potongan melintang saluran Rungkut Barata Sta +1.400

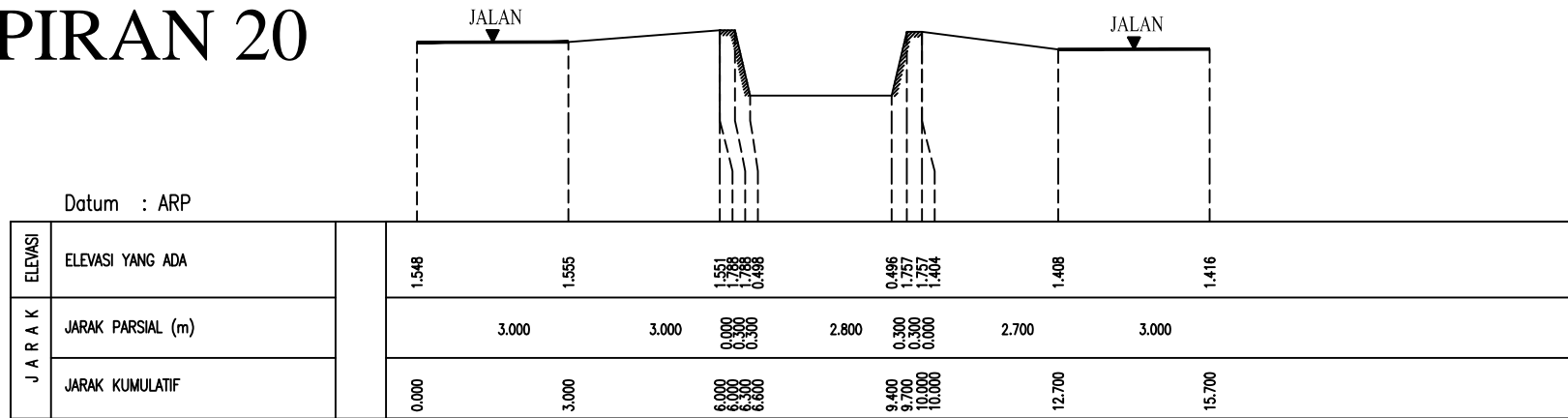
Luas Kegiatan	
Luas Pasangan	: 1,5 m2
Luas Galian	: 1,98 m2
Luas Plesteran	: 4,57m



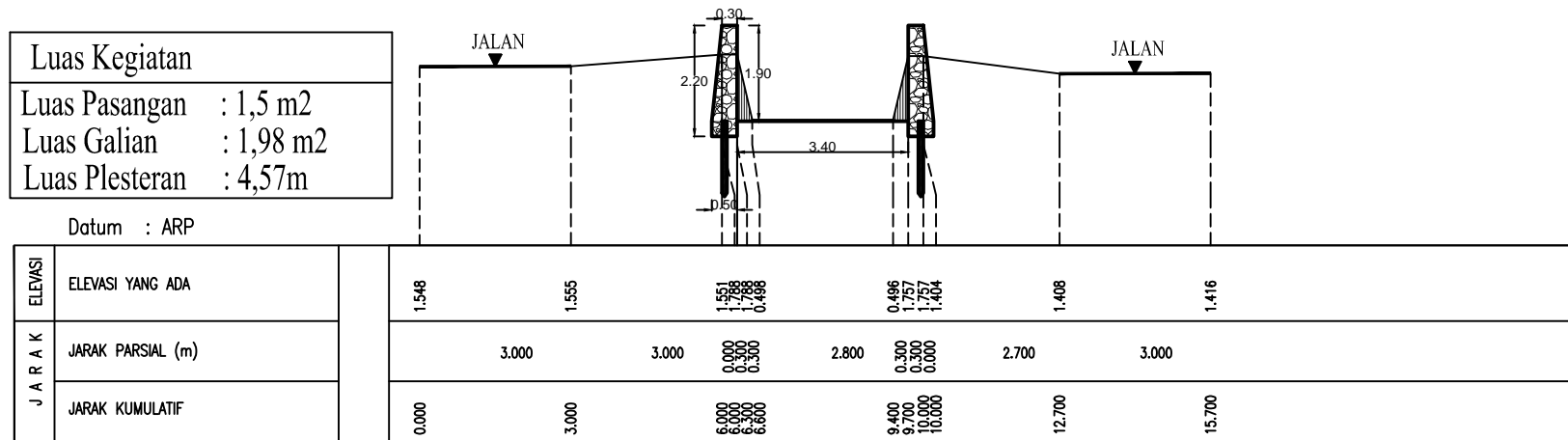
Gambar 4.28 Desain potongan melintang saluran Rungkut Barata Sta +1.400

Judul Gambar	
Desain Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Barata Sta +1.400	
Dosen Pembimbing	Mahasiswa
Siti Kamilia Aziz,ST.MT NIP : 19771231 200604 2 001	Ivanda kurnianto NRP: 3116040513
Judul Proyek Akhir	
RENCANA PENGENDALIAN BANJIR DI SALURAN SEKUNDER RUNGKUT BARATA, DAN RUNGKUT MENANGGAL KOTA SURABAYA	


## LAMPIRAN 20



Gambar 4.28 Eksisting potongan melintang saluran Rungkut Barata Sta +1.500

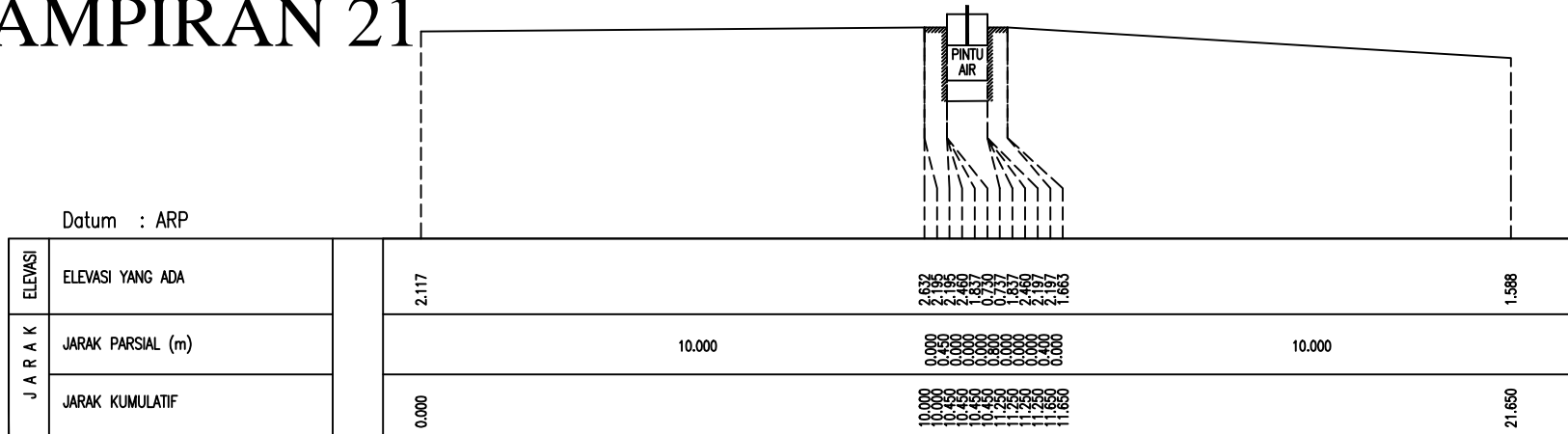


Gambar 4.28 Desain potongan melintang saluran Rungkut Barata Sta +1.500

 <p>PROGRAM DIPLOMA EMPAT LANJUT JENJANG DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL FAKULTAS VOKASI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA 2017</p>		Judul Gambar	
		Desain Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Barata Sta +1.500	
		Dosen Pembimbing	Mahasiswa
Judul Proyek Akhir		<u>Siti Kamilia Aziz.ST.MT</u> NIP. : 19771231 200604 2 001	<u>Ivanda kurnianto</u> NRP. : 3116040513
RENCANA PENGENDALIAN BANJIR DI SALURAN SEKUNDER RUNGKUT BARATA DAN RUNGKUT MENAGAL. KOTA SURABAYA			

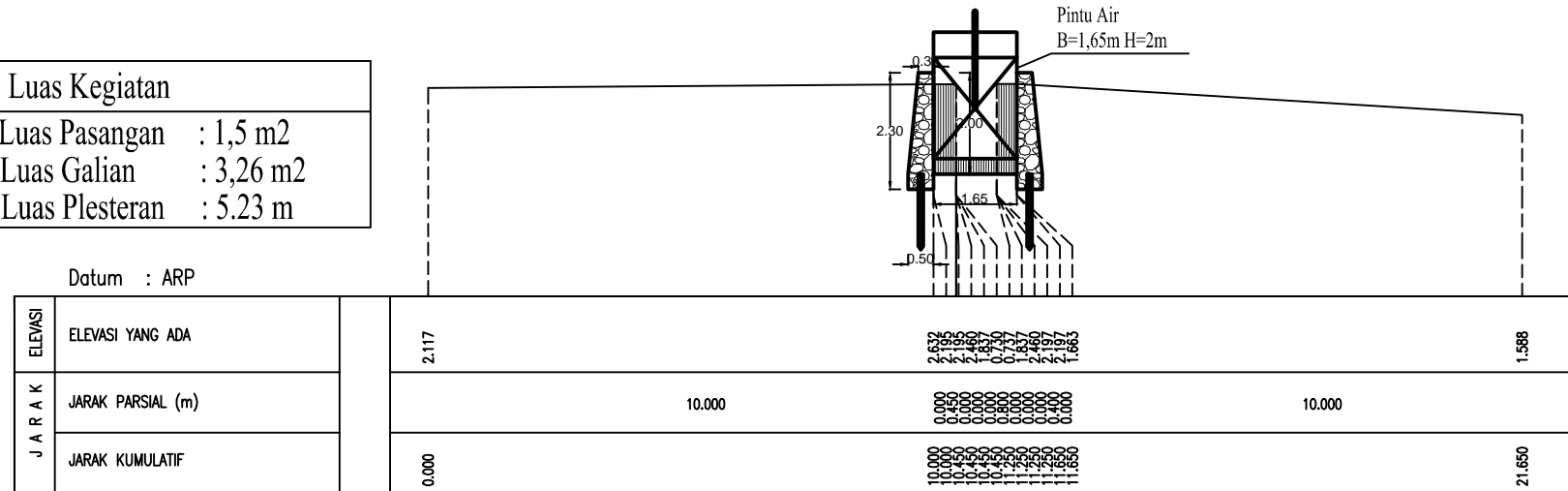


## LAMPIRAN 21




Gambar 4.29 Eksisting potongan melintang saluran Rungkut Barata Sta +1.514

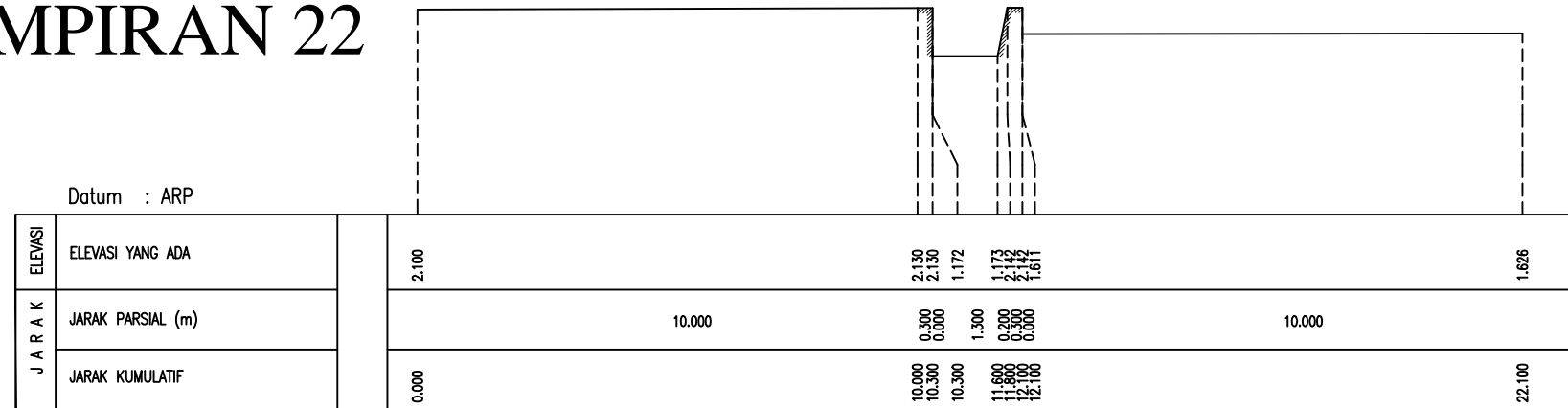
Luas Kegiatan	
Luas Pasangan	: 1,5 m <sup>2</sup>
Luas Galian	: 3,26 m <sup>2</sup>
Luas Plesteran	: 5.23 m



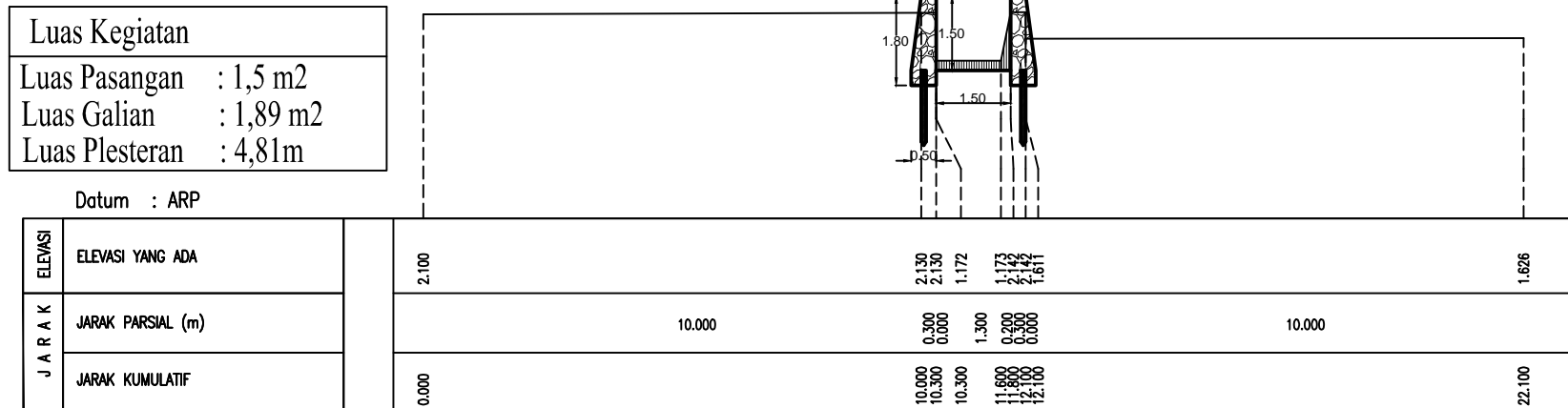
Gambar 4.29 Desain potongan melintang saluran Rungkut Barata Sta +1.514

 <p>PROGRAM DIPLOMA EMPAT LANJUT JENJANG DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL FAKULTAS VOKASI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA 2017</p>		Judul Gambar	
		Desain Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Barata Sta +1.514	
<p><b>Judul Proyek Akhir</b></p> <p>RENCANA PENGALANGAN BANJIR DI SALURAN SEKUNDER RUNGKUT BARATA DAN RUNGKUT MENAGALA, KOTA SURABAYA</p>		Dosen Pembimbing	Mahasiswa
		<p><b>Siti Kamilia Aziz,ST,MT</b> NIP. : 19771231 200604 2 001</p>	<p><b>Ivanda kurnianto</b> NRP. : 3116040513</p>

# LAMPIRAN 22



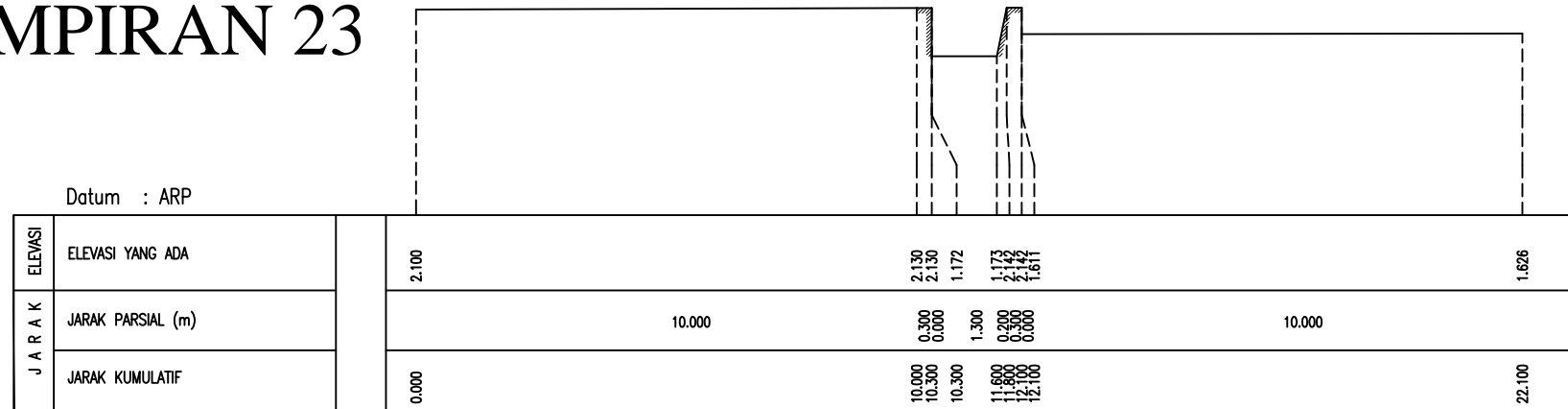
Gambar 4.14 Eksisting potongan melintang saluran Rungkut Barata Sta +0.000



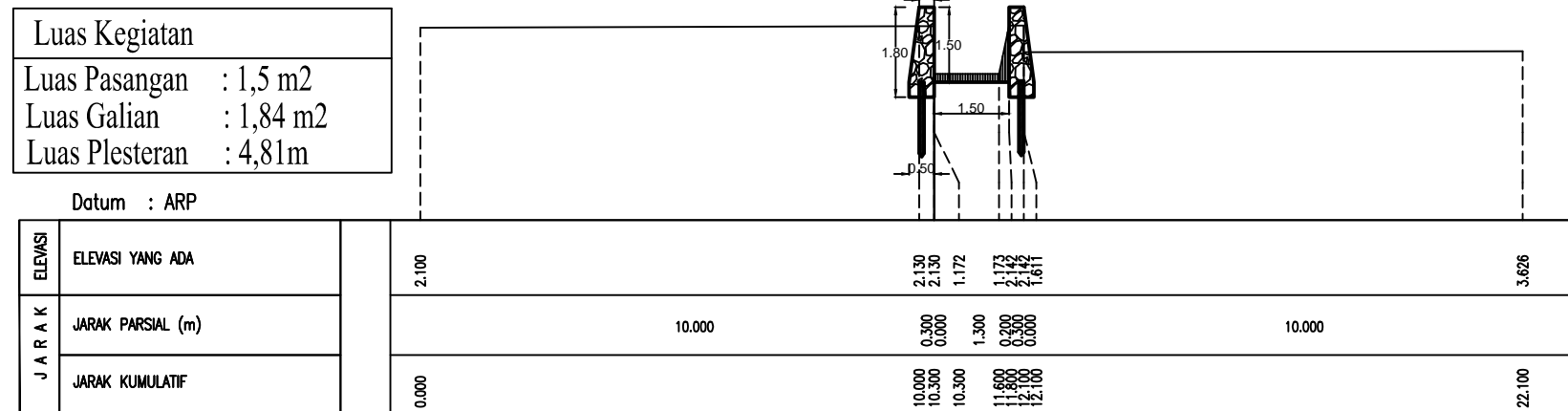
Gambar 4.30 Desain potongan melintang saluran Rungkut Menanggal Sta +0.000

		Judul Gambar	
PROGRAM DIPLOMA EMPAT LANJUT JENJANG DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL FAKULTAS VOKASI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA 2017		Desain Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Menanggal Sta +0.000	
Judul Proyek Akhir		Dosen Pembimbing	Mahasiswa
RENCANA PENGENDALIAN BANJIR DI SALURAN SEKUNDER RUNGKUT BARATA, DAN RUNGKUT MENANGGAL KOTA SURABAYA		Siti Kamilia Aziz,ST.MT NIP. : 19771231 200604 2 001	Ivanda kurnianto NRP. : 3116040513


# LAMPIRAN 23



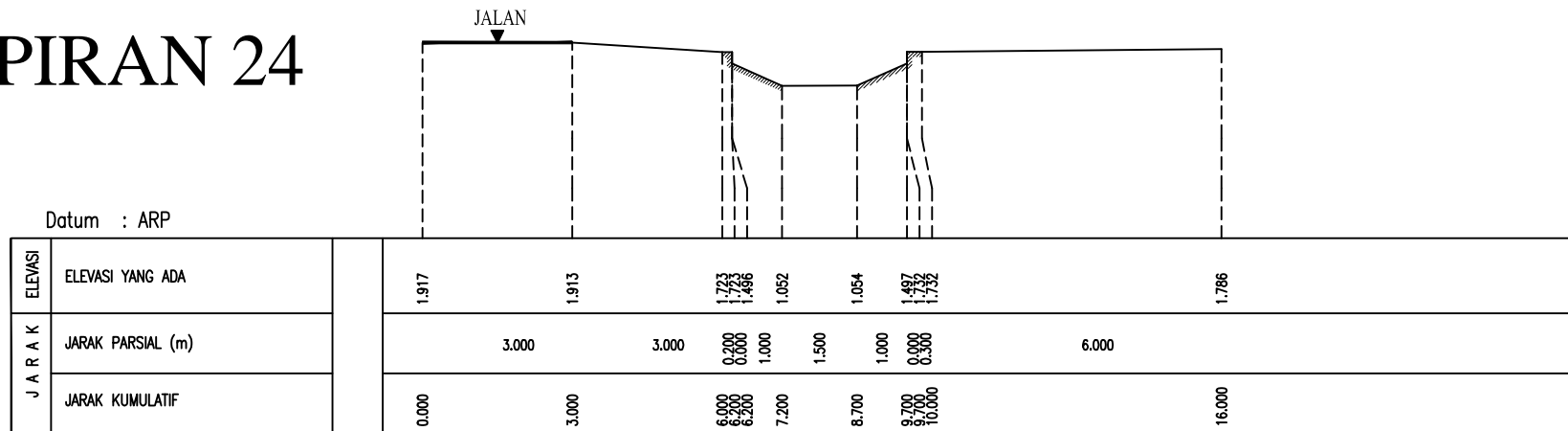
Gambar 4.31 Eksisting potongan melintang saluran Rungkut Menanggal Sta +0.100



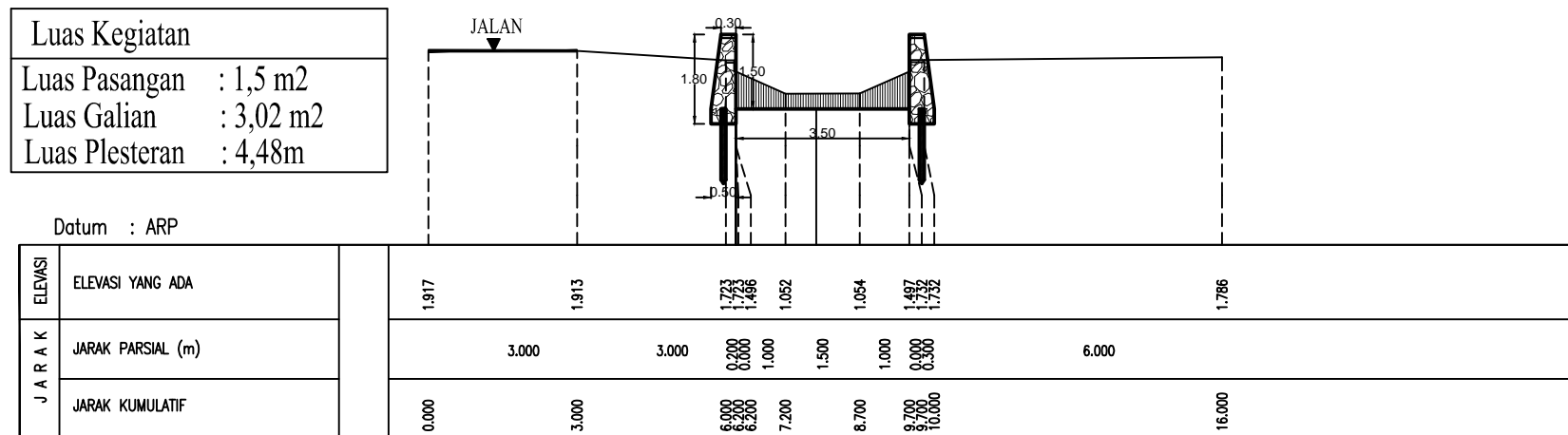
Gambar 4.31 Desain potongan melintang saluran Rungkut Menanggal Sta +0.100

 PROGRAM DIPLOMA EMPAT LANJUT JENJANG DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL FAKULTAS VOKASI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA 2017		Judul Gambar	
Judul Proyek Akhir		Desain Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Menanggal Sta +0.100	
RENCANA PENGENDALIAN BANJIR DI SALURAN SEKUNDER RUNGKUT BARATA DAN RUNGKUT MENANGGAL KOTA SURABAYA		Dosen Pembimbing	Mahasiswa
		Siti Kamilia Aziz,ST.MT NIP : 19771231 200604 2 001	Ivanda kurnianto NRP: 3116040513


## LAMPIRAN 24



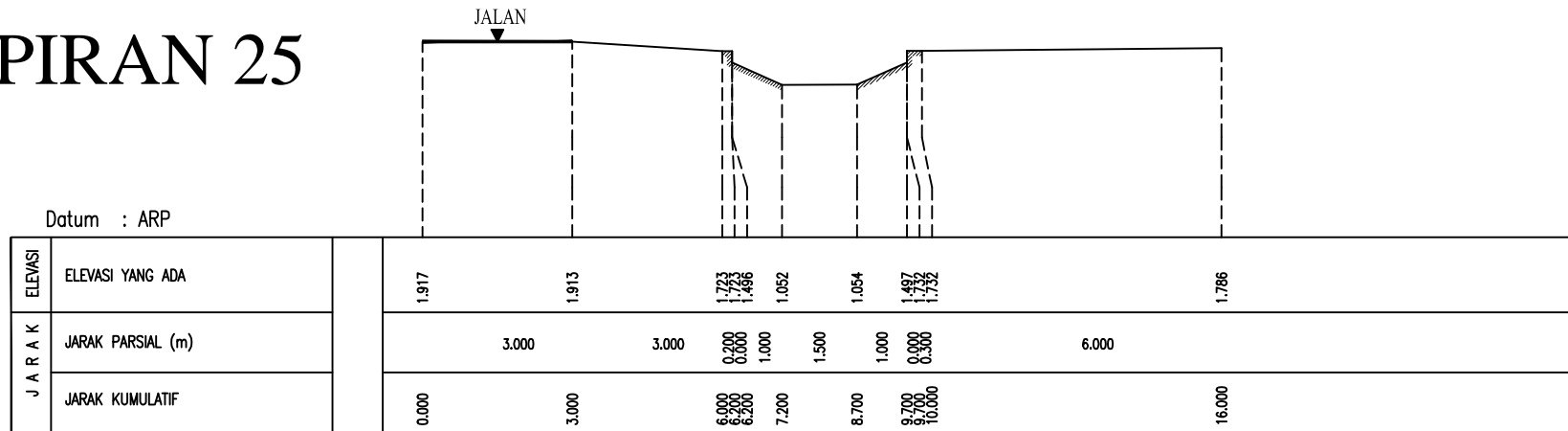
Gambar 4.32 Eksisting potongan melintang saluran Rungkut Menanggal Sta +0.200



Gambar 4.32 Desain potongan melintang saluran Rungkut Menanggal Sta +0.200

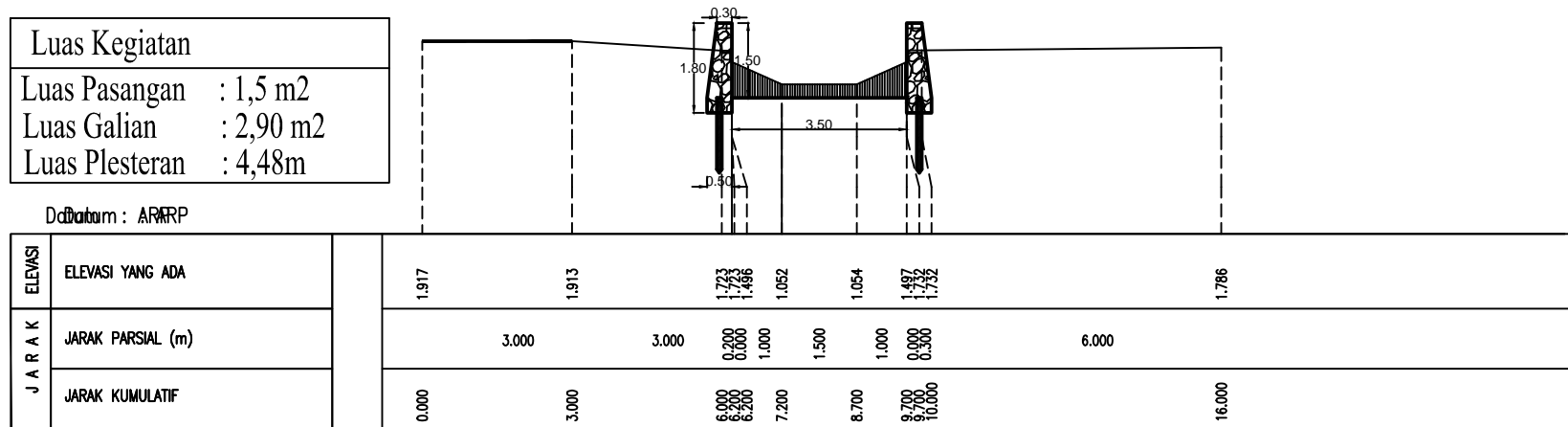
 <p>PROGRAM DIPLOMA EMPAT LANJUT JENJANG DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL FAKULTAS VOKASI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA 2017</p>		Judul Gambar	
		Desain Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Menanggal Sta +0.200	
		Dosen Pembimbing	Mahasiswa
Judul Proyek Akhir		<u>Siti Kamilia Aziz,ST,MT</u> NIP : 19771231 200604 2 001	<u>Ivanda kurnianto</u> NRP: 3116040513
RENCANA PENGENDALIAN BANJIR DI SALURAN SEKUNDER RUNGKUT BARATA DAN RUNGKUT MENANGGAL KOTA SURABAYA			

# LAMPIRAN 25



Gambar 4.33 Eksisting potongan melintang saluran Rungkut Menanggal Sta +0.300

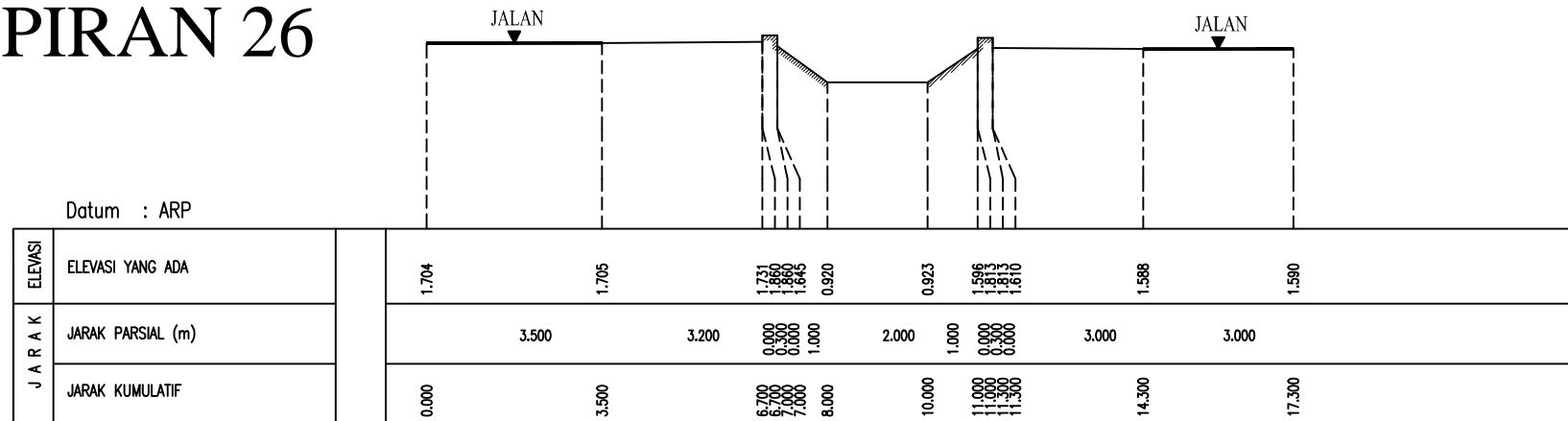
Luas Kegiatan
Luas Pasangan : 1,5 m2
Luas Galian : 2,90 m2
Luas Plesteran : 4,48m



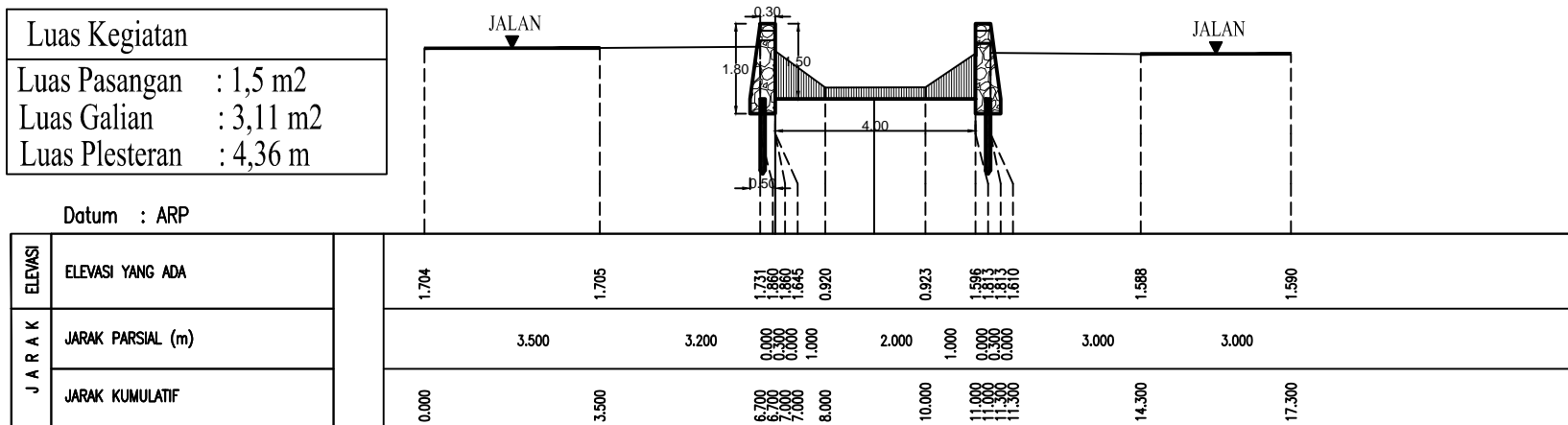
Gambar 4.33 Desain potongan melintang saluran Rungkut Menanggal Sta +0.300

		Judul Gambar	
PROGRAM DIPLOMA EMPAT LANJUT JENJANG DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL FAKULTAS VOKASI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA 2017		Desain Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Menanggal Sta +0.300	
Judul Proyek Akhir		Dosen Pembimbing	Mahasiswa
RENCANA PENGENDALIAN BANJIR DI SALURAN SEKUNDER RUNGKUT BARATA DAN RUNGKUT MENANGGAL KOTA SURABAYA		Siti Kamilia Aziz,ST.MT NIP. : 19771231 200604 2 001	Ivanda kurnianto NRP. : 3116040513


# LAMPIRAN 26



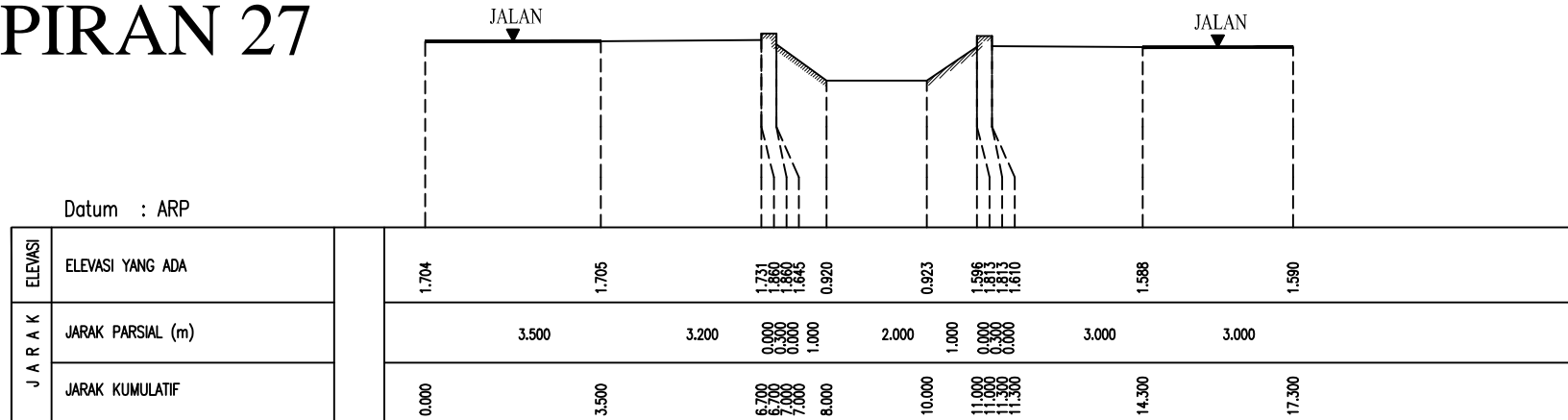
Gambar 4.34 Eksisting potongan melintang saluran Rungkut Menanggal Sta +0.400



Gambar 4.34 Desain potongan melintang saluran Rungkut Menanggal Sta +0.400

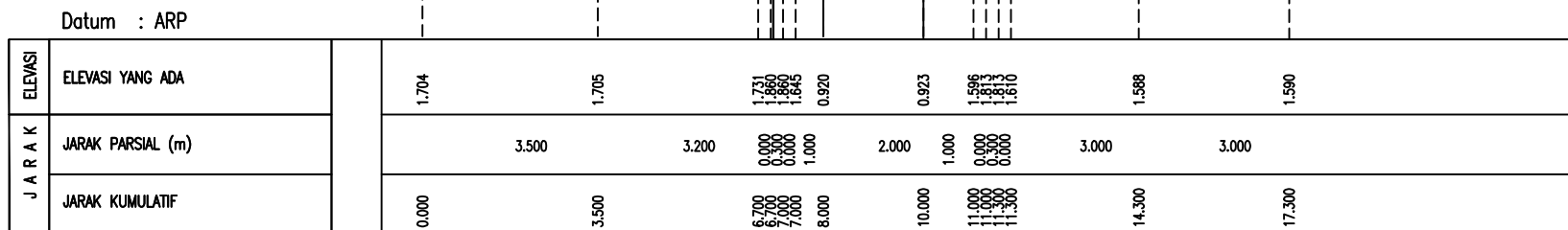
 <p>PROGRAM DIPLOMA EMPAT LANJUT JENJANG DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL FAKULTAS VOKASI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA 2017</p>		Judul Gambar	
Judul Proyek Akhir		Desain Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Menanggal Sta +0.400	
RENCANA PENGENDALIAN BANJIR DI SALURAN SEKUNDER RUNGKUT BARATA DAN RUNGKUT MENANGGAL KOTA SURABAYA		Dosen Pembimbing	Mahasiswa
		Siti Kamilia Aziz,ST.MT NIP : 19771231 200604 2 001	Ivanda kurnianto NRP : 3116040513

# LAMPIRAN 27




Gambar 4.35 Eksisting potongan melintang saluran Rungkut Menanggal Sta +0.500

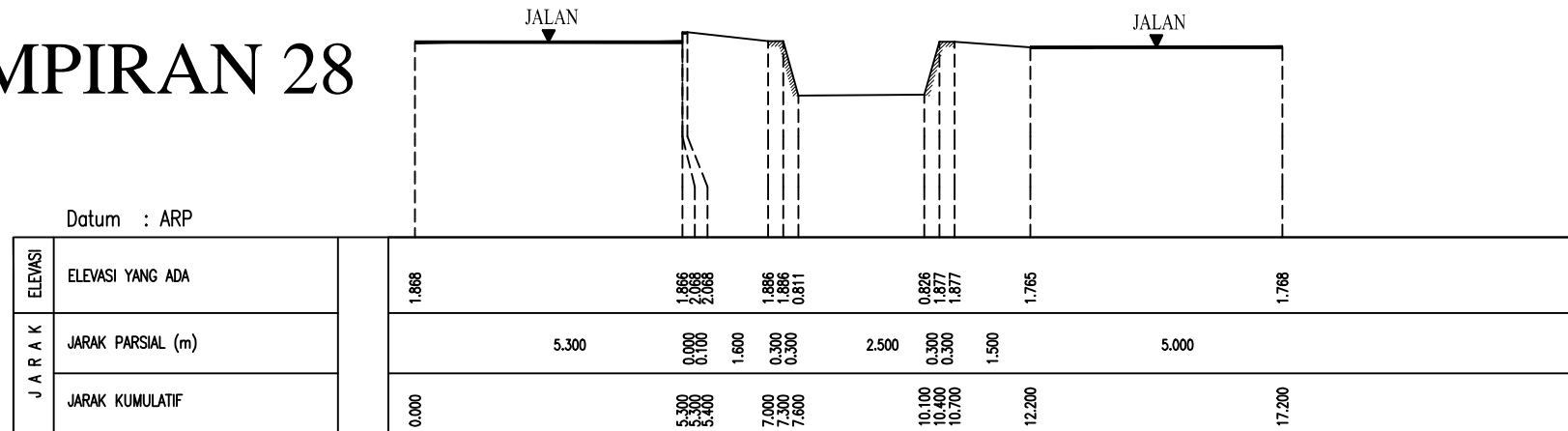
Luas Kegiatan	
Luas Pasangan	: 1,5 m <sup>2</sup>
Luas Galian	: 2,97 m <sup>2</sup>
Luas Plesteran	: 4,36 m



Gambar 4.35 Desain potongan melintang saluran Rungkut Menanggal Sta +0.500

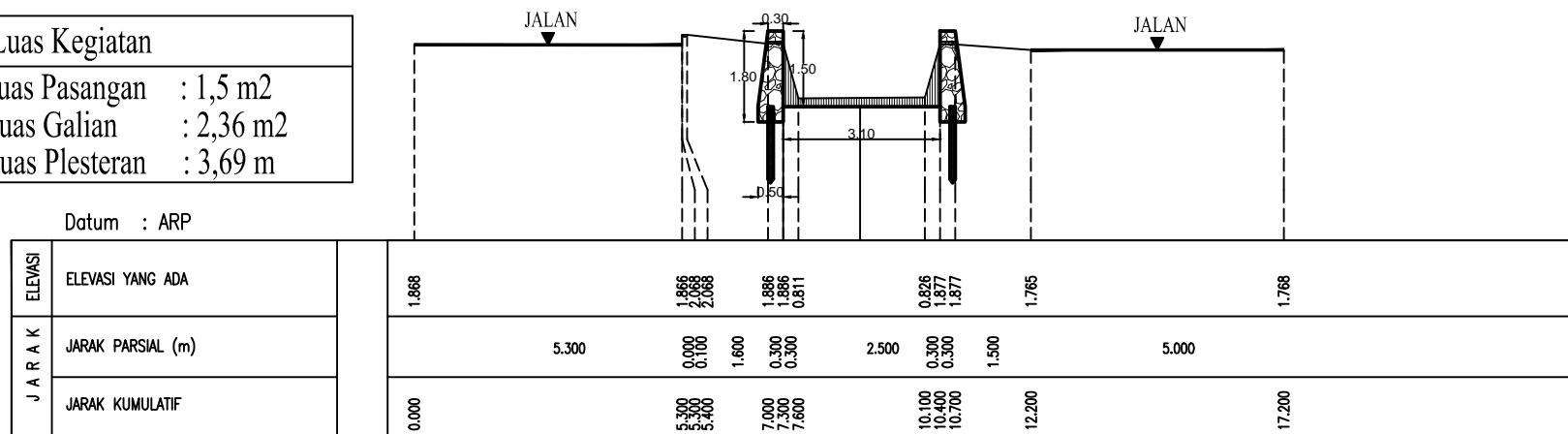
 <p>PROGRAM DIPLOMA EMPAT LANJUT JENJANG DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL FAKULTAS VOKASI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA 2017</p>		Judul Gambar	
Judul Proyek Akhir		Desain Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Menanggal Sta +0.500	
RENCANA PENGENDALIAN BANJIR DI SALURAN SEKUNDER RUNGKUT BARATA, DAN RUNGKUT MENANGGAL KOTA SURABAYA		Dosen Pembimbing	Mahasiswa
		Siti Kamilia Aziz,ST.MT NIP : 19771231 200604 2 001	Ivanda kurnianto NRP: 3116040513

# LAMPIRAN 28



Gambar 4.36 Eksisting potongan melintang saluran Rungkut Menanggal Sta +0.600

Luas Kegiatan	
Luas Pasangan	: 1,5 m <sup>2</sup>
Luas Galian	: 2,36 m <sup>2</sup>
Luas Plesteran	: 3,69 m

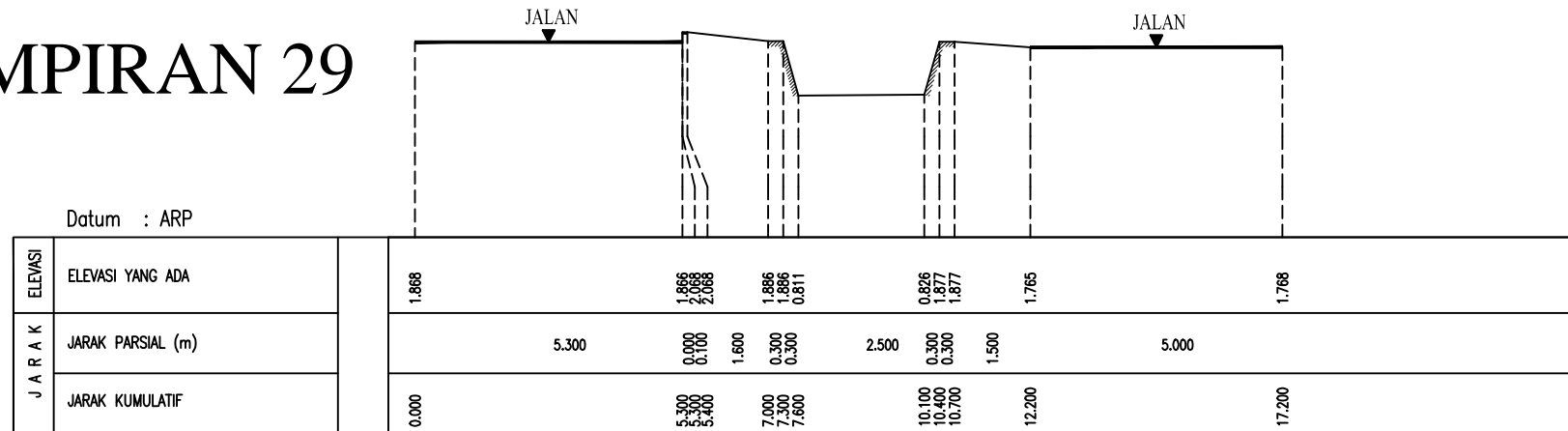


Gambar 4.36 Desain potongan melintang saluran Rungkut Menanggal Sta +0.600

		Judul Gambar	
PROGRAM DIPLOMA EMPAT LANJUT JENJANG DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL FAKULTAS VOKASI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA 2017		Desain Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Menanggal Sta +0.600	
Judul Proyek Akhir		Dosen Pembimbing	Mahasiswa
RENCANA PENGENDALIAN BANJIR DI SALURAN SEKUNDER RUNGKUT BARATA DAN RUNGKUT MENANGGAL KOTA SURABAYA		<b>Siti Kamilia Aziz,ST.MT</b> NIP : 19771231 200604 2 001	<b>Ivanda kurnianto</b> NRP : 3116040513

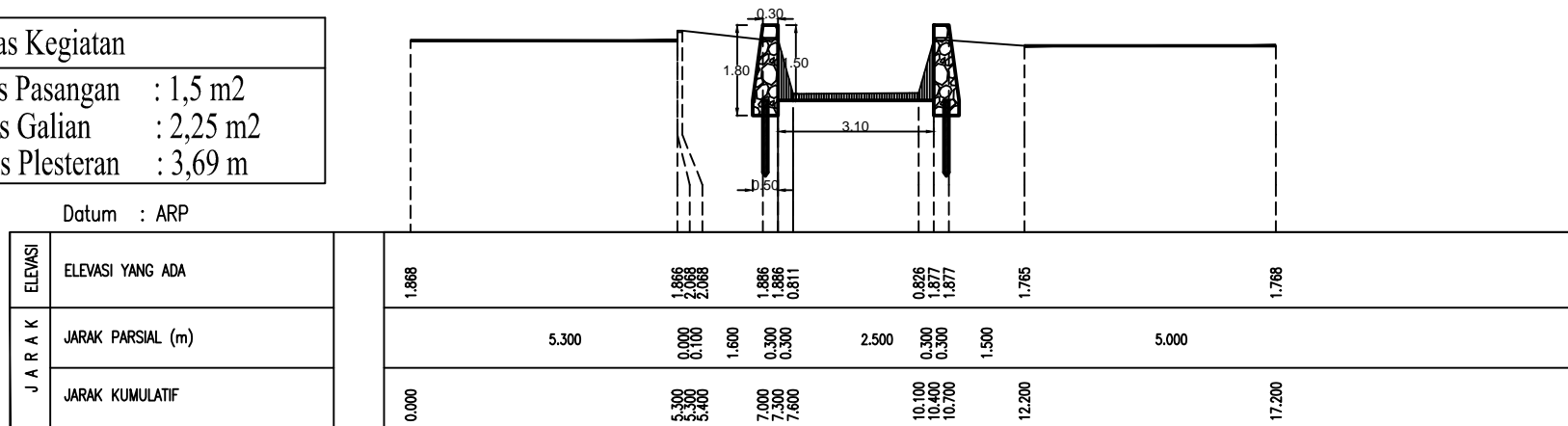


# LAMPIRAN 29




Gambar 4.37 Eksisting potongan melintang saluran Rungkut Menanggal Sta +0.700

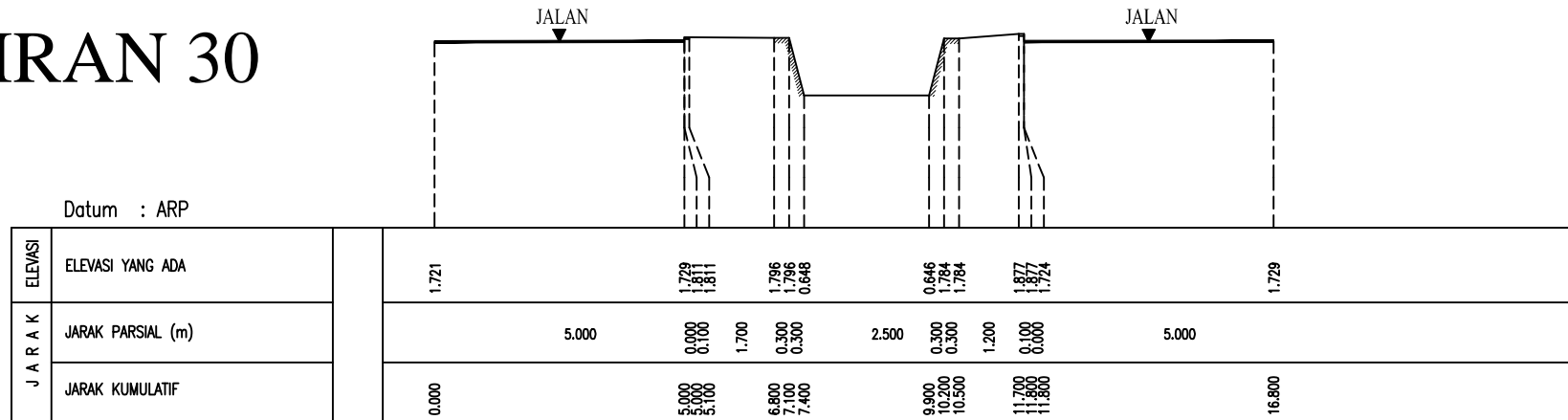
Luas Kegiatan	
Luas Pasangan	: 1,5 m <sup>2</sup>
Luas Galian	: 2,25 m <sup>2</sup>
Luas Plesteran	: 3,69 m



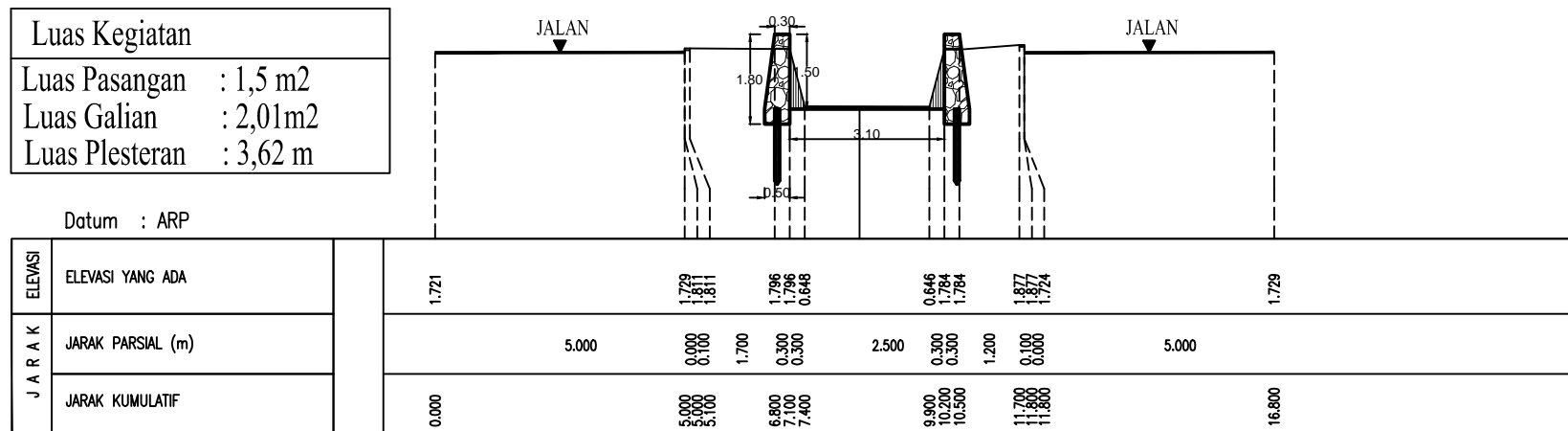
Gambar 4.37 Desain potongan melintang saluran Rungkut Menanggal Sta +0.700

 <p>PROGRAM DIPLOMA EMPAT LANJUT JENJANG DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL FAKULTAS VOKASI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA 2017</p>		Judul Gambar	
Judul Proyek Akhir		Desain Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Menanggal Sta +0.700	
RENCANA PENGENDALIAN BANJIR DI SALURAN SEKUNDER RUNGKUT BARATA, DAN RUNGKUT MENANGGAL KOTA SURABAYA		Dosen Pembimbing	Mahasiswa
		Siti Kamilia Aziz,ST.MT NIP : 19771231 200604 2 001	Ivanda kurnianto NRP: 3116040513

# LAMPIRAN 30



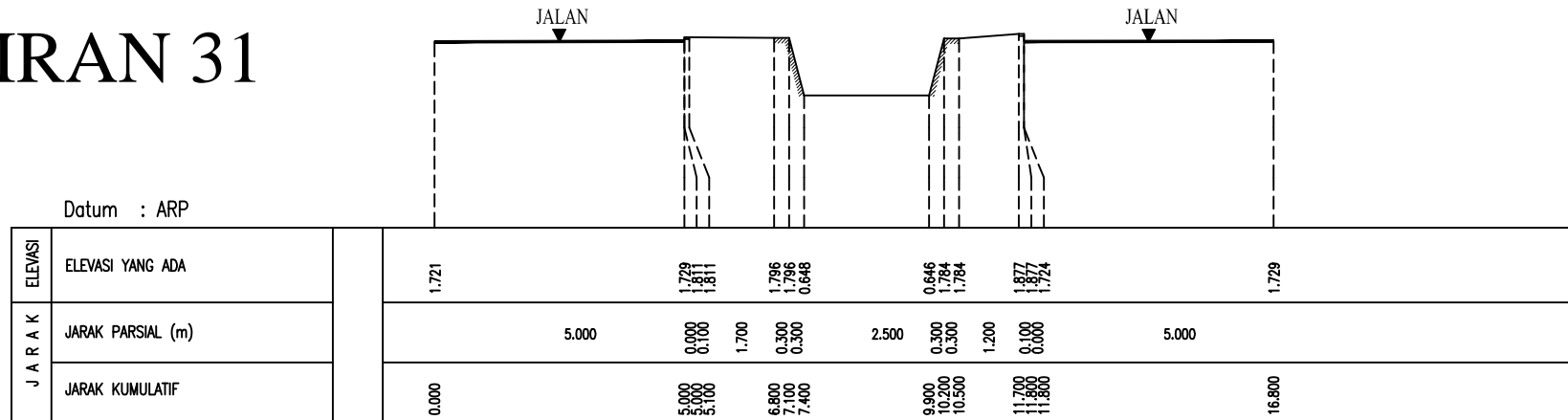
Gambar 4.38 Eksisting potongan melintang saluran Rungkut Menanggal Sta +0.800



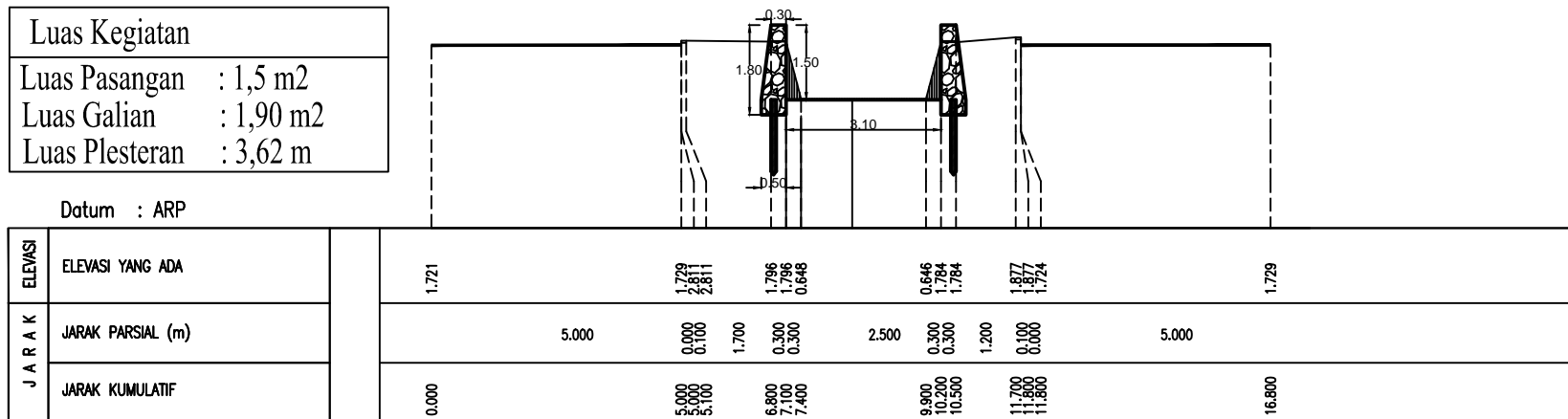
Gambar 4.38 Desain potongan melintang saluran Rungkut Menanggal Sta +0.800

		Judul Gambar	
PROGRAM DIPLOMA EMPAT LANJUT JENJANG DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL FAKULTAS VOKASI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA 2017		Desain Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Menanggal Sta +0.800	
Judul Proyek Akhir		Dosen Pembimbing	Mahasiswa
RENCANA PENGENDALIAN BANJIR DI SALURAN SEKUNDER RUNGKUT BARATA DAN RUNGKUT MENANGGAL KOTA SURABAYA		Siti Kamilia Aziz,ST.MT NIP : 19771231 200604 2 001	Ivanda kurnianto NRP: 3116040513

# LAMPIRAN 31



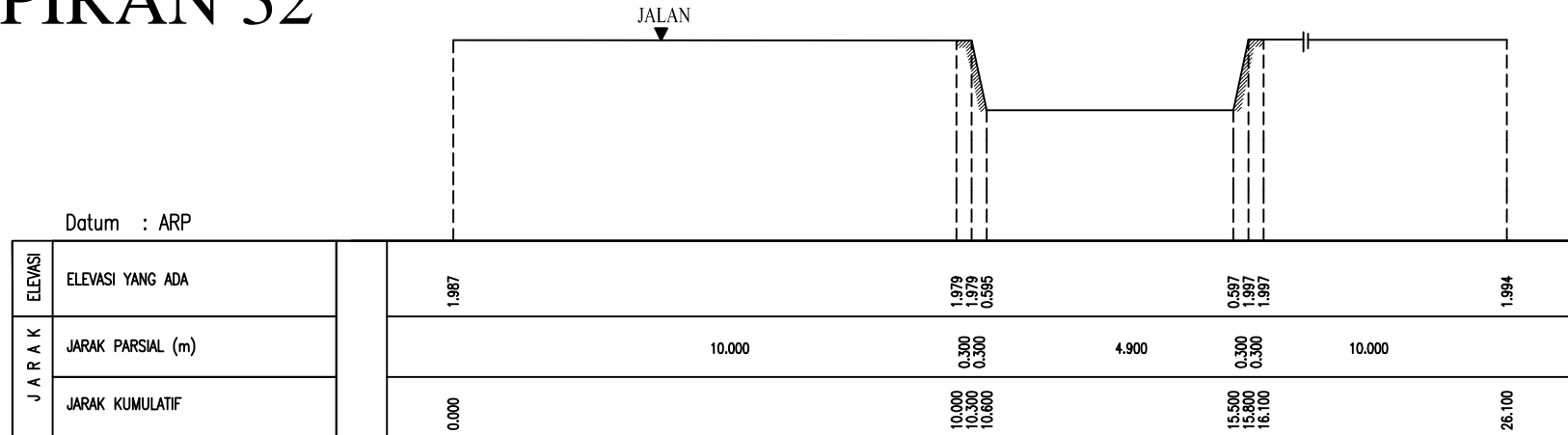
Gambar 4.39 Eksisting potongan melintang saluran Rungkut Menanggal Sta +0.900



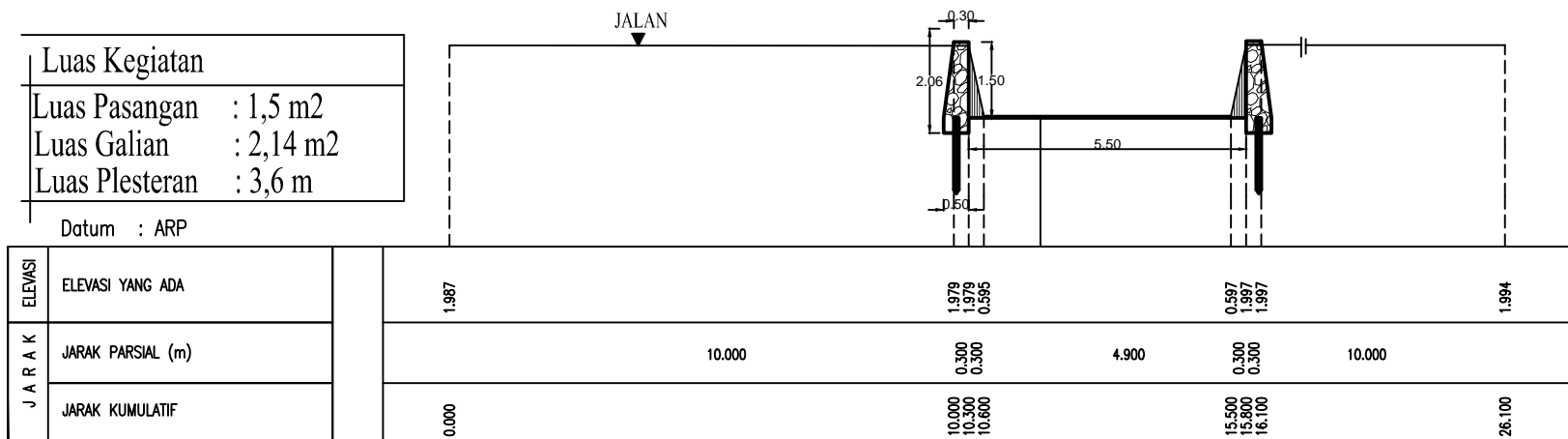
Gambar 4.39 Desain potongan melintang saluran Rungkut Menanggal Sta +0.900

		Judul Gambar	
PROGRAM DIPLOMA EMPAT LANJUT JENJANG DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL FAKULTAS VOKASI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA 2017		Desain Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Menanggal Sta +0.900	
Judul Proyek Akhir		Dosen Pembimbing	Mahasiswa
RENCANA PENGENDALIAN BANJIR DI SALURAN SEKUNDER RUNGKUT BARATA DAN RUNGKUT MENANGGAL KOTA SURABAYA		Siti Kamilia Aziz,ST.MT NIP : 19771231 200604 2 001	Ivanda kurnianto NRP: 3116040513

# LAMPIRAN 32



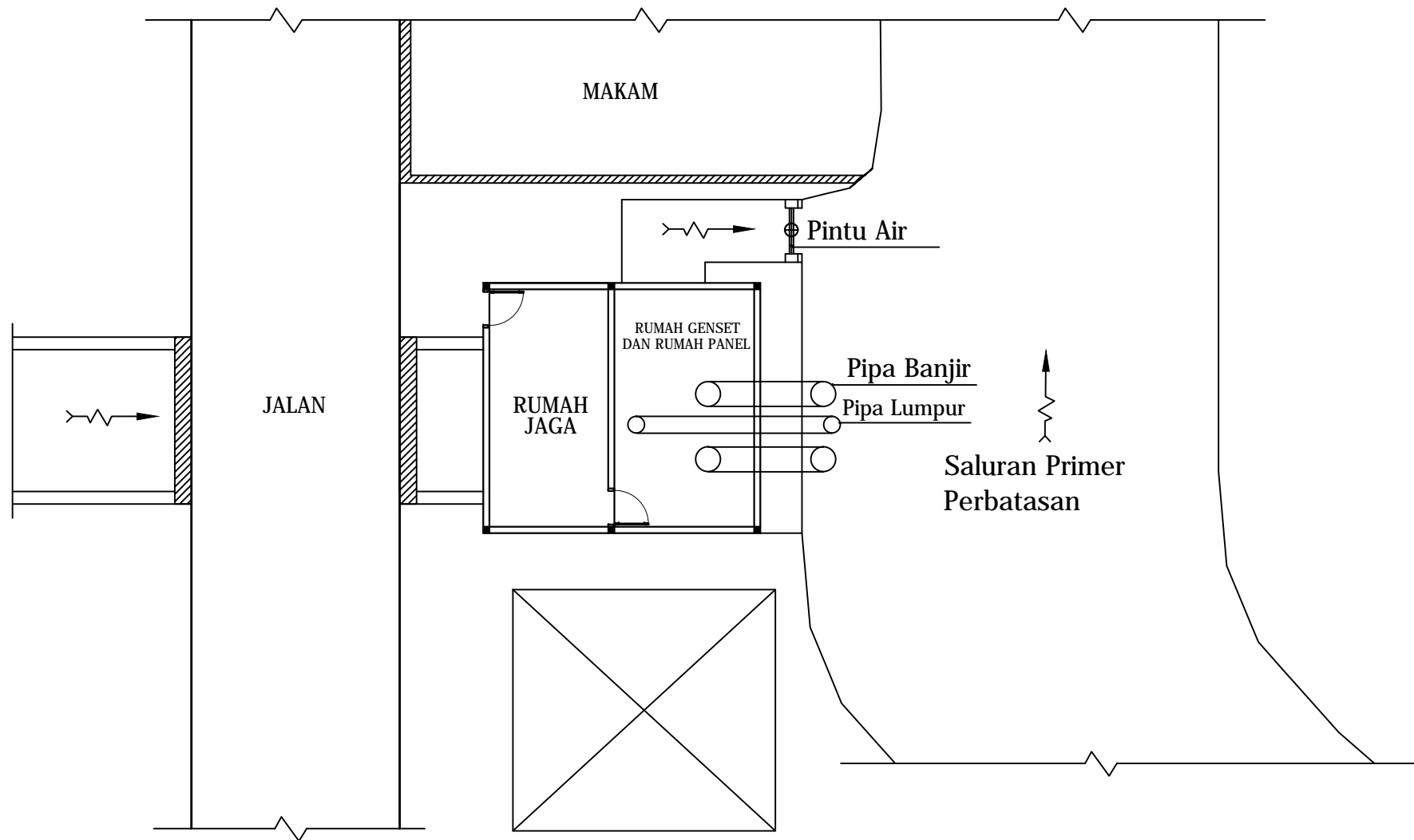
Gambar 4.40 Desain potongan melintang saluran Rungkut Menanggal Sta +0.945




Gambar 4.40 Desain potongan melintang saluran Rungkut Menanggal Sta +0.945

		Judul Gambar	
PROGRAM DIPLOMA EMPAT LANJUT JENJANG DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL FAKULTAS VOKASI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA 2017		Desain Potongan Melintang Saluran Sekunder Rungkut Menanggal Sta +0.945	
Judul Proyek Akhir		Dosen Pembimbing	Mahasiswa
RENCANA PENGENDALIAN BANJIR DI SALURAN SEKUNDER RUNGKUT BARATA DAN RUNGKUT MENANGGAL KOTA SURABAYA		Siti Kamilia Aziz,ST.MT NIP : 19771231 200604 2 001	Ivanda kurnianto NRP: 3116040513

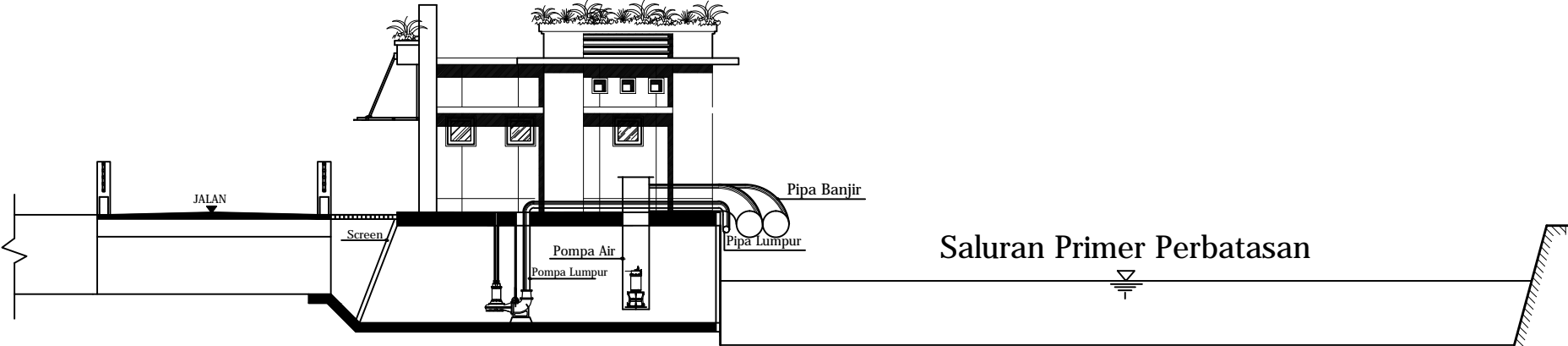
## LAMPIRAN 33



Gambar 4.45 Rencana Desain Skema Rumah Pompa

 PROGRAM DIPLOMA EMPAT LANJUT JENJANG DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL FAKULTAS VOKASI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA 2017		Judul Gambar	
Rencana Desain Skema Rumah Pompa		Dosen Pembimbing	Mahasiswa
Judul Proyek Akhir RENCANA PENGENDALIAN BANJIR DI SALURAN SEKUNDER RUNGKUT BARATA DAN RUNGKUT MENANGGAL KOTA SURABAYA		Siti Kamilia Aziz,ST.MT NRP: 19771231 200604 2 001	Ivanda kurnianto NRP: 3116040513

# LAMPIRAN 34



Gambar 4.46 Rencana Desain Potongan Memanjang Rumah Pompa

 <div>PROGRAM DIPLOMA EMPAT LANJUT JENJANG DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL FAKULTAS VOKASI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA 2017</div>		Judul Gambar	
Judul Proyek Akhir		Rencana Desain Potongan Memanjang Rumah Pompa	
RENCANA PENGENDALIAN BANJIR DI SALURAN SEKUNDER RUNGKUT BARATA DAN RUNGKUT MENANGGAL KOTA SURABAYA		Dosen Pembimbing	Mahasiswa
		Siti Kamilia Aziz,ST.MT NRP: 19771231 200604 2 001	Ivanda kurnianto NRP: 3116040513